

**Untersuchung zur Wirksamkeit der Saugglockentherapie nach
Klobe auf Thoraxform, Lungenfunktion und Lebensqualität von
Trichterbrustpatienten**

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Franziska Deichsel
geb. Deutschmann
geboren am 09.05.1986 in Mühlhausen

Gutachter:

1. Prof. Dr. Felicitas Eckoldt, Jena
2. PD Dr. Matthias Steinert, Jena
3. Prof. Dr. Guido Fitze, Dresden

Tag der öffentlichen Verteidigung:

06.12.2016

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	1
1. Zusammenfassung	2
2. Einleitung	4
2.1 Anatomischer Exkurs	5
2.2 Historisches zur Trichterbrust	5
2.3 Inzidenz, Ätiologie und Genetik	7
2.4 Klinisches Erscheinungsbild, Symptome und Pathophysiologie	9
2.5 Diagnostische Möglichkeiten	13
2.6 Behandlungsmöglichkeiten	14
2.6.1. Operative Korrektur nach Nuss	15
2.6.2 Saugglockentherapie nach Klobe	16
2.6.3 Weitere Behandlungsmöglichkeiten / Ausblick	18
3. Ziele der Arbeit	21
4. Material und Methoden	22
4.1 Patientenauswahl	22
4.1.1 Anwendungsbeobachtung Saugglockenpatienten	22
4.1.2 Retrospektive Befragung	23
4.1.3 Übersicht	25
4.2 Methoden der Datenerfassung und –auswertung	25
4.2.1 Vermessung	25
4.2.1.1 Trichtertiefe	26
4.2.1.2 Anthropometrischer Index	26
4.2.1.3 Trichtervolumen	28
4.2.1.4 Statistische Auswertung	28
4.2.2 Lungenfunktionsprüfung	28
4.2.2.1 Spirometrie	29
4.2.2.2 Bodyplethysmografie	30

4.2.2.3 Interpretation und statistische Auswertung	31
4.2.3 „Short Form 36 Health Survey Questionnaire“	32
4.2.3.1 Aufbau des Fragebogens	33
4.2.3.2 statistische Auswertung und Interpretation des Fragebogens	34
4.2.4 Therapiefragebögen.....	36
4.2.4.1 Fragebogen zur Saugglockentherapie nach Klobe	36
4.2.4.2 Fragebogen zur operativen Trichterbrustkorrektur nach Nuss.....	37
4.2.4.3 Vergleich und statistische Auswertung	38
5. Ergebnisse	39
5.1 Zustand vor Therapie: Demografische Daten, Behandlungsdetails, Therapieempfinden	39
5.1.1 Saugglockenanwender.....	39
5.1.1.1 Patienten der Anwendungsbeobachtung	39
5.1.1.2 Patienten der retrospektiven Befragung nach Saugglockentherapie	41
5.1.1.3 Anwendungsdetails zur Saugglockentherapie.....	42
5.1.1.3.1 Anwendungshäufigkeit und Zeitpunkt erster Erfolge	43
5.1.1.3.2 Nebenwirkungen und Therapieempfinden	43
5.1.2 Operierte Patienten.....	47
5.1.2.1 Patienten der retrospektiven Befragung nach Nuss-Operation	47
5.1.2.2 Peri- und postoperativer Verlauf.....	49
5.1.3 Vergleich Saugglockenpatienten vs. operierte Patienten – Zustand vor Behandlung und generelles Therapieempfinden	52
5.2 Saugglockentherapie – Vorher-Nachher-Vergleich anhand objektiver Kriterien.....	54
5.2.1 Körperliche Vermessung	54
5.2.2 Lungenfunktionsprüfung	60
5.2.3 Gesundheitsbezogene Lebensqualität	63
5.3 Zustand nach Trichterbrustbehandlung: Lebensqualität und Therapiezufriedenheit	66
5.3.1 Gesundheitsbezogene Lebensqualität	66

5.3.2 Therapiezufriedenheit.....	72
5.3.2.1 Subjektives Behandlungsergebnis nach Saugglockentherapie.....	72
5.3.2.2 Subjektives Behandlungsergebnis nach Operation	73
5.3.3 Vergleich Saugglockenpatienten vs. operierte Patienten	75
6. Diskussion	77
7. Schlussfolgerungen	91
Literaturverzeichnis.....	93
Anhang	101
Anhang 1: Patientenaufklärung und Einverständniserklärung	
Anhang 2: Fragebogen zur Saugglockentherapie und operativen Korrektur nach Nuss	
Anhang 3: Danksagung	
Anhang 4: Ehrenwörtliche Erklärung	

Abkürzungsverzeichnis

ap-Index	anthropometrischer Index [cm/cm]
BMI	Body Mass Index [kg/m ²]
CT	Computertomografie
FEV 1	absolute Einsekundenkapazität [L] / [% Ist/Soll]
FEV1/VC	relative Einsekundenkapazität [%] / [% Ist/Soll]
M	Median
MEF 25	maximaler expiratorischer Fluss bei 25% [%]
MIRPE	„Minimal Invasive Repair of Pectus excavatum“
Min-Max	Minimum- Maximum
Mw	Mittelwert
n	Patientenanzahl
p / p-Wert	Signifikanzwert
PVC	Polyvinylchlorid
RV	Residualvolumen
SD	Standardabweichung
SF 36	„Short Form 36 Health Survey Questionnaire“
TLC	totale Lungenkapazität
VC	Vitalkapazität

1. Zusammenfassung

Zielstellung: Zur Therapie der Trichterbrust stehen diverse operative Behandlungen zur Verfügung, allen voran die minimal invasive Korrektur nach Nuss. Der kosmetische Nutzen dieser Eingriffe ist gut untersucht und belegt, jedoch bleibt das Risiko schwerwiegender Komplikationen. Als konservative Alternative wird seit 2002 die Saugglockenbehandlung nach Klobe angeboten. Ziel dieser Arbeit stellte eine kritische Auseinandersetzung mit der Saugglocke und deren Einfluss auf optische Erscheinung, körperliche Einschränkungen und Lebensqualität von Trichterbrustpatienten dar.

Methoden: Es wurden 12 Saugglockenanwender über durchschnittlich 8 Monate während der Therapie begleitet und neben einer Vermessung des Brustkorbes, einer Lungenfunktionsprüfung, der Erfassung der subjektiven Lebensqualität mittels SF 36 und der Therapiezufriedenheit über einen selbst erstellten Fragebogen, vor und nach Therapie, unterzogen. Im Anschluss wurden die Resultate der Vermessung und einzelne Ventilationsparameter der Lungenfunktionsprüfung mittels des Wilcoxon Rangsummentests für abhängige Stichproben auf eine statistisch signifikante Veränderung überprüft. Die Ergebnisse der Lungenfunktionsprüfung wurden Ventilationsmustern zugeordnet und einem Vorher-Nachher-Vergleich unterzogen. Die Daten des SF 36 wurden einer Normstichprobe gegenüber gestellt und zum einen die Abweichungen hiervon, zum anderen die Veränderungen im Anschluss an die Saugglockenbehandlung, ausgewertet. Des Weiteren erfolgte eine Befragung sämtlicher in Jena zwischen Februar 2003 und Juli 2011 operativ und konservativ behandelter Trichterbrustpatienten zu Therapiezufriedenheit und gesundheitsbezogener Lebensqualität mittels des SF 36 und eines modifizierten Fragebogens. Die beiden Gruppen wurden einander und der Normstichprobe gegenüber gestellt, statistischen Tests unterzogen und auf signifikante Unterschiede untersucht.

Ergebnisse: Im Schnitt konnte eine signifikante Verminderung der Trichtertiefe (Mw 0,6cm, Min-Max 1,4 – 0,6cm), des anthropometrischen Index (Mw 0,04 cm/cm, Min-Max 0,12 – +0,02 cm/cm) und des Trichtervolumens (Mw 25ml, 97 – (+)1ml) beobachtet werden. In der Lungenfunktionsprüfung veränderte sich das Ventilationsmuster bei fünf Patienten von einem zuvor restriktiven zu einem normalen Befund. Die Vitalkapazität und die forcierte Einsekundenkapazität nahmen signifikant zu (VC: Mw 10,1/9,2 %, FEV1: Mw 8,1/14,3%). Die Mehrheit der Saugglockenpatienten war mit dem Behandlungsergebnis zufrieden (83%) und empfand eine Verbesserung vorbestehender körperlicher Beeinträchtigungen (66,7%). Im Bereich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität zeigten sich vor der Therapie keine wesentlichen Abweichungen im Vergleich zur Normbevölkerung. Einzig in der Kategorie der

Vitalität schnitten die Saugglockenpatienten schlechter ab. Nach der Therapie ließ sich eine diskrete Zunahme des Testergebnisses für die allgemeine Gesundheitswahrnehmung, die Vitalität und das psychische Wohlbefinden beobachten. Der Vergleich zwischen Saugglockenanwendern und operierten Patienten ergab auf beiden Seiten eine mehrheitliche Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis (SG-Patienten 67,9%, Nuss-Patienten 83,3%). Die Therapie wurde überwiegend als problemlos empfunden (SG-Patienten 57,1%, Nuss-Patienten 50%). Beide Gruppen litten unter Nebenwirkungen (SG-Patienten > 80%, Nuss-Patienten >90%), wenn gleich die Komplikationen auf Seiten der operierten Patienten objektiv schwerwiegender waren. Im SF 36 lagen die Ergebnisse beider Gruppen nah an der Normstichprobe, sodass nicht von wesentlichen Einschränkungen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität nach abgeschlossener Behandlung ausgegangen werden kann. Die jüngeren Saugglockenanwender lagen in einigen Bereichen vor den operierten Patienten und der Normstichprobe.

Schlussfolgerung: Es konnte ein positiver Einfluss der Saugglockentherapie auf die Thoraxform und Lungenfunktion von Trichterbrustpatienten nachgewiesen werden. Vorbestehende körperliche Einschränkungen zeigten sich nach der Behandlung subjektiv verbessert. Die gesundheitsbezogene Lebensqualität wich vor und nach der Therapie nicht wesentlich von der deutschen Normstichprobe ab. Die meisten Patienten waren mit dem kosmetischen Ergebnis zufrieden, eindeutige Unterschiede zwischen operierten und konservativ behandelten Patienten bestanden nicht. In Anbetracht dieser Ergebnisse stellt die Saugglockentherapie eine mögliche Alternative zur operativen Trichterbrustkorrektur dar. Weitere breit angelegte Studien werden folgen müssen, um dies zu verifizieren und die Saugglocke einem größerem Patientenspektrum zugänglich zu machen.

2. Einleitung

Seit der Entwicklung der „MIRPE“ („Minimal Invasive Repair of Pectus excavatum“) durch Donald Nuss Ende des 20. Jahrhunderts sind die Trichterbrust und ihre Behandlungsmöglichkeiten stärker in den Fokus der medizinischen Forschung gerückt. Nachdem die Korrektur dieser sehr häufigen Brustwandfehlbildung über viele Jahrzehnte nur im Rahmen großer operativer Eingriffe mit auffälligen Narben und unter Inkaufnahme schwerwiegender Komplikationen möglich war, stand plötzlich ein vermeintlich „minimal invasiver“ Eingriff zur Verfügung, der bei relativ geringem Risiko in kurzer Zeit sehr gute kosmetische Ergebnisse ermöglichte. Zahlreiche Studien konnten die hohe Effektivität und gute Durchführbarkeit dieser Methode bestätigen, sodass sich die sog. Nuss-Operation in vielen Kliniken als Standardeingriff zur Behandlung der Trichterbrust etabliert hat und große Resonanz bei Patienten sowie in Fachkreisen findet (Kelly et al. 2007, Nuss 2008, Protopapas und Athanasiou 2008). Doch wie „minimal invasiv“ ist der Eingriff wirklich?

Nach Einführung der Operationsmethode wurden auch immer wieder lebensgefährliche Komplikationen wie die Perforation von Lunge, Leber und kardialer Strukturen beschrieben. In Einzelfällen hatte dies einen letalen Ausgang zur Folge (Gips et al. 2008, Bouchard et al. 2009, Schaarschmidt et al. 2013). Auch ohne ein solches Wissen fürchten viele der oft noch jungen Patienten einen invasiven Eingriff, den notwendigen Krankenhausaufenthalt und die körperlichen Einschränkungen im Anschluss an die Operation. Zudem ist nicht bei jedem Patienten mit Trichterbrust ein operativer Eingriff indiziert; der Leidensdruck durch die kosmetische Beeinträchtigung ist jedoch für den Einzelnen oft groß genug um eine Therapie zu fordern. Der Wunsch nach einer konservativen Behandlungsmethode ist dadurch weiterhin aktuell und führt die Betroffenen auf die Suche nach alternativen Möglichkeiten.

Hierbei stoßen viele im Internet auf die sogenannte Saugglocke nach Eckart Klobe, welche seit 2003 in Deutschland erhältlich ist und mittlerweile in verschiedenen Größen und Formen vorliegt. Insbesondere in den ersten Jahren nach der Entwicklung erfreute sich die Saugglocke großer Nachfrage und erste klinische Untersuchungen zeigten vielversprechende Ansätze. So veröffentlichten Bahr und Schier 2005 eine Studie mit 60 Saugglockenanwendern, von denen nach Angaben der Autoren alle eine deutliche Verbesserung der Brustform zeigten (Schier et al. 2005). Die sofortige hebende Wirkung der Saugglocke konnte anhand von CT-Aufnahmen nachgewiesen werden (Schier et al. 2005). Leider liegen bisher keine Langzeitergebnisse und wenige objektive Studien zur Wirksamkeit dieser Therapieform vor. Die Saugglocke ist zwar seit 2002 als Medizinprodukt angemeldet, jedoch werden die Kosten für die Behandlung nicht

von den Krankenkassen getragen und ihre Funktion bleibt umstritten. In Expertenkreisen wird der tatsächliche Nutzen der Behandlung stark in Frage gestellt. Die Anwendung führt zu kontroversen Diskussionen, während die Nachfrage durch interessierte und bereits vorinformierte Trichterbrustpatienten nicht abreißt.

Offen bleibt also die Frage, in wie weit die Saugglocke nach Klobe tatsächlich die gesuchte konservative Alternative zur operativen Trichterbrustkorrektur nach Nuss darstellen könnte.

2.1 Anatomischer Exkurs

Das Brustbein setzt sich aus drei knöchernen Komponenten zusammen. Den oberen Anteil bildet hierbei das Manubrium sterni, welches über den Angulus sterni in das Corpus sterni und den Processus xiphoideus übergeht. Diese Anteile sind bei Kindern und Jugendlichen noch über Knorpelfugen, so genannte Synchrondrosen, mit einander verbunden, verknöchern mit steigendem Alter jedoch zunehmend. An den seitlichen Rändern ist das Brustbein mit den Rippenknorpeln der ersten bis siebten Rippe über echte Gelenke und Synchrondrosen fixiert. Zusätzlich strahlen Bänder, die Ligamenti sternocostales, von der Knorpelhaut zur Vorderseite des Brustbeines und bilden die Membrana sterni als Bindegewebsplatte. Am Xiphoid und den unteren Sternumanteilen inserieren des Weiteren Fasern der schrägen Bauchmuskeln, des M. rectus abdominis und von der Innenseite die Mm. intercostalis sowie der M. transversus thoracis.

2.2 Historisches zur Trichterbrust

Die erste historische Erwähnung findet die Trichterbrust um das Jahr 1600 in den medizinischen Schriften von Johannes Bauhinus (Bauhinus J 1594, Kelly 2008). In den folgenden Jahrhunderten geriet sie zwar nicht völlig in Vergessenheit, fand jedoch eher in Einzelfallbeschreibungen als anatomische Kuriosität Erwähnung in der zeitgenössischen Literatur (von Luschka 1863, Eggel 1870, Flesch 1873, Brochhausen et al. 2012). Größere Aufmerksamkeit erregte dann im Jahr 1882 ein Wiener Student namens Heinrich Wojaczek, der dank seiner auffälligen Brustform und den Studien von Wilhelm Ebstein zu einiger Berühmtheit gelangte und europaweit universitäre Hörsäle bereiste (Ebstein 1909, Robicsek und Watts 2011). Mehrere Veröffentlichungen folgten und somit auch Spekulationen über die Ätiologie und mögliche Behandlungsmethoden der Trichterbrust.

Gängige Theorien wähten beispielsweise eine ungünstige Lage des Kindes im Mutterleib mit Kompression des Brustbeines durch das Kinn als ursächlich, während andere die Trichterbrust als eine Folge von Syphilis und Rachitis ansahen (Langer 1880, Lester 1958, Brochhausen et

al. 2012). Damals wurde vermutet, dass die durch den Vitamin D-Mangel geschwächte Knochenmatrix des Sternums, dem äußeren Atmosphärendruck nachgebend, nach innen gewölbt würde. Als begünstigend galt eine zusätzliche Obstruktion der oberen Luftwege durch adenoide Vegetationen oder hypertrophierte Tonsillen (Samuel W. Kelley 1914).

Die erste operative Korrektur wurde im Jahr 1911 durch Wilhelm Meyer durchgeführt. Der deutschstämmige Chirurg entfernte bei einem zuvor stark dyspnoeischen Trichterbrustpatienten Teile des zweiten und dritten Rippenknorpels der rechten Seite, um die komprimierende Wirkung des Brustbeines zu mindern (Meyer 1911). In den folgenden Jahren wurden diverse Variationen dieser und ähnlicher Eingriffe durchgeführt, stellenweise mit deutlicher Verbesserung des klinischen Zustandes, jedoch auch nicht selten mit letalem Ausgang für den Patienten. So beschreiben Ochsner und DeBakey sowie Phillips 1939 und 1946, in einer Übersicht der damaligen operativen Möglichkeiten, sechs Todesfälle unter 25 Behandelten (Ochsner A 1939, Phillips 1946).

Neben der Resektion von Rippen und Rippenknorpel kam auch die Entnahme des gesamten Sternums, beispielsweise durch Ferdinand Sauerbruch und John Alexander, zum Einsatz (Alexander 1931, Sauerbruch 1931, Robicsek und Watts 2011). In Folge vieler Operationen wurden die Patienten über Wochen einer externen Traktionsbehandlung zugeführt, in der Hoffnung der von außen applizierte Zug würde das Brustbein in der gehobenen Position fixieren (Abb.1).

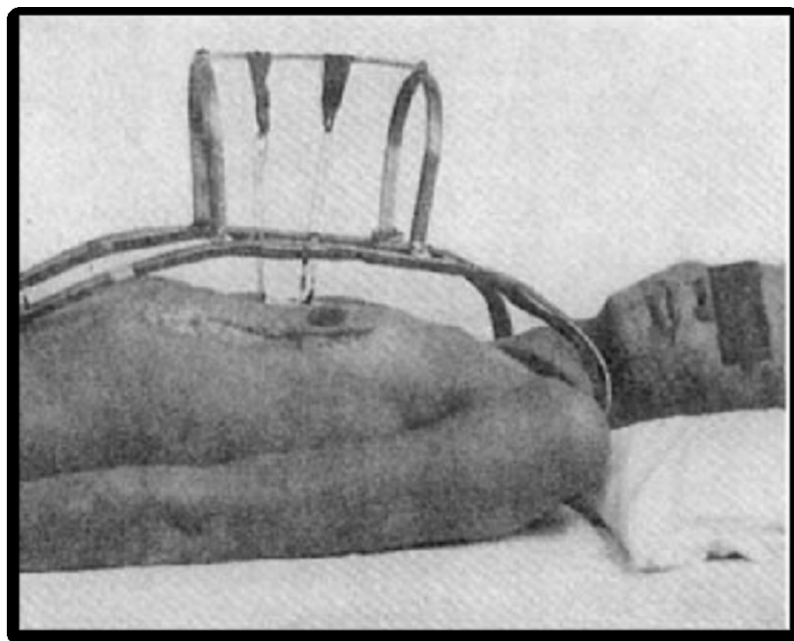


Abb. 1: Externe Traktionsbehandlung nach operativer Trichterbrustkorrektur (aus: Alexander. 1931)

In den 1960er und 1970er Jahren galt die sogenannte Umkehrplastik mit Entnahme des Brustbeines, welches in umgedrehter Position in die entstandene Lücke eingesetzt und wieder fixiert wurde, als innovative Behandlungsmethode (Wada et al. 1970, Kelly 2008). Über Lincoln Brown wurde etwa zeitgleich die Theorie eines überstarken Zuges von Muskel- und Faseranteilen des Zwerchfells am Brustbein eingeführt und mit einer entsprechenden Durchtrennung sämtlicher Verbindungen zwischen Diaphragma und Sternum behandelt (A. Lincoln Brown 1951). Die Vorstellung des sogenannten „Ligamentum substernale“ hielt sich hartnäckig über viele Jahrzehnte in der Literatur und dessen Resektion wurde Bestandteil zahlreicher weiterer Eingriffe. Brown selbst erzielte nach eigenen Aussagen mit der alleinigen Durchtrennung der Bandstrukturen, zumindest bei jüngeren Patienten, gute Erfolge. Etwa zeitgleich entwickelte sich eine weitere Hypothese, nach der die Trichterbrust durch ein übermäßiges Wachstum der Rippen bzw. des Rippenknorpels verursacht wird (Sweet 1944).

Einen ersten Durchbruch in der operativen Behandlung stellte die Einführung der offenen Korrektur durch Mark Ravitch im Jahr 1949 dar (Ravitch 1949). Dieser Eingriff umfasste die Freilegung des Sternums und die Exzision sämtlicher deformierter Rippenknorpelanteile. Anschließend wurden das Xiphoid und die Verbindungen zum Diaphragma entfernt, das Corpus sterni mittels einer Osteotomie mobilisiert und in der gewünschten gehobenen Position durch Seidennähte fixiert. In den folgenden Jahren und Jahrzehnten wurden zahlreiche Modifikationen dieses Eingriffes vollzogen, welche sich seit dem vor allem durch erweiterte Fixierungen des Brustbeines mit autologem Material oder Metallbügeln /-platten sowie wesentlich schonenderen Teilresektionen bzw. Einkerbungen von Rippen und Rippenknorpel auszeichneten (Dorner et al. 1950, Rehbein und Wernicke 1957, Welch 1958, Robicsek et al. 1960, David und Marshall 2010, Robicsek und Watts 2011).

Ende des 20. Jahrhunderts fand die Korrektur der Trichterbrust durch die Entwicklung der minimal invasiven Operation nach Nuss eine erneute Revolution (Nuss et al. 1998). Dieser vergleichsweise risikoarme Eingriff ermöglichte die chirurgische Therapie der Fehlbildung erstmals einem breiteren Patientenspektrum und resultierte in einem zunehmenden wissenschaftlichen Interesse an der Trichterbrust.

2.3 Inzidenz, Ätiologie und Genetik

Die Trichterbrust stellt eine der häufigsten angeborenen Brustwandfehlbildungen dar. Männer sind etwa vier Mal häufiger betroffen als Frauen, wobei die Angaben zur Inzidenz

zwischen einer auf 400 und einer auf 1000 Geburten (Kelly et al. 2005, Donald Nuss 2010) schwanken.

Eine genetische Prädisposition wird vermutet, hierbei muss jedoch zwischen dem solitären Auftreten einer Trichterbrust und der Vergesellschaftung mit verschiedenen Syndromen unterschieden werden. So lassen sich Brustwandfehlbildungen häufiger bei Patienten mit einem Marfan-Syndrom sowie einer Reihe weiterer genetischer Erkrankungen beobachten (Kotzot und Schwabegger 2009).

Das Marfan Syndrom stellt eine autosomal-dominant vererbte, systemische Bindegewebserkrankung dar, welche zumeist mit einer Mutation des Fibrillin-1-Genes assoziiert ist und zu einer Vielzahl klinischer Symptome unterschiedlicher Ausprägung führen kann (Summers et al. 2012). Zu den betroffenen Organsystemen zählen Herz, Gefäße, Skelett und Auge. Durch die Skelettbeteiligung kann neben einem überproportionalen Längenwachstum der Extremitäten (Dolichostenomelie), einer Spinnenfingrigkeit (Arachnodaktylie), hypermobilen Gelenken, sowie einer Skoliose klassischerweise eine Kiel- oder Trichterbrust auftreten (Dietz 1993). Im Rahmen der kardiovaskulären Symptome werden ein Aortenaneurysma sowie eine Aorten- und Mitralklappeninsuffizienz mit Herzrhythmusstörungen beobachtet. Zusätzlich kann es zu Ektopien oder Luxationen der Linse sowie einer starken Myopie mit Netzhautablösung kommen.

Eine weitere assoziierte Erkrankung findet sich im Poland-Syndrom, einer seltenen muskuloskelettalen Fehlbildung mit sehr unterschiedlicher klinischer Ausprägung. Typisch ist eine Hypo- oder Aplasie des Musculus pectoralis major einer Seite, mit gleichzeitigen Anomalien im Bereich der ipsilateralen oberen Extremität und des Schultergürtels (Urschel 2009). Betroffen sind überwiegend Männer, die Prävalenz beträgt eine auf 7.000 bis eine auf 100.000 Geburten (Fokin und Robicsek 2002). Als Ursache wird eine vaskuläre Störung, z.B. im Stromgebiet der A. subclavia, vermutet (Cingel et al. 2013). Selten bestehen klinische Symptome, eine operative Versorgung wird jedoch oft aufgrund der kosmetischen Beeinträchtigung vorgenommen (Moir und Johnson 2008).

Bei der solitären, idiopathischen Trichterbrust liegt aus klinischer Erfahrung in vielen Fällen eine positive Familienanamnese vor (Kuru et al. 2016). In einer Studie von Creswick et al. aus dem Jahr 2006 wurden hierzu 34 Familien, in denen jeweils mehr als ein Familienmitglied eine Trichterbrust vorwies, auf mögliche Erbgänge untersucht (Creswick et al. 2006). Es zeigten sich sowohl autosomal-dominante, autosomal-rezessive als auch X-chromosomal-

dominante Muster, welche die Vermutung einer erblichen Komponente zwar stärkten, jedoch auch auf mehrere betroffene Gene und eine multifaktorielle Entstehung schließen ließen. Eine Studie von Fokin et al. konnte die Trichterbrust mit bestimmten Kollagen-Genen und dem Chromosom zwei in Verbindung bringen, eine sichere Zuordnung gelang aber bisher noch nicht (Fokin et al. 2008).

Die Ätiologie der Trichterbrust ist somit nicht vollständig geklärt. Die bereits erwähnten Theorien von Brown und Sweet zu einem Ligamentum substernale bzw. einem übermäßigen Wachstum der Rippenknorpel hielten sich lange Zeit in der Fachliteratur, konnten jedoch nicht eindeutig bewiesen werden (Sweet 1944, A. Lincoln Brown 1951). Im Rahmen einer japanischen Studie von Nakaoka aus dem Jahr 2010 wurde die Rippen- und Rippenknorpellänge von Trichterbrustpatienten und einer gesunden Probandengruppe anhand von CT-Aufnahmen des Thorax vermessen. Hierbei zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Untersuchten, sodass ein überproportionales Rippenwachstum als Ursache der Trichterbrust für eher unwahrscheinlich erachtet wurde (Nakaoka et al. 2010).

Im Mittelpunkt der heutigen Vorstellungen steht eine systemische Störung des Kollagenstoffwechsels, welche wiederum die Vergesellschaftung mit dem Marfan-Syndrom erklären könnte. Einzelne neuere Studien wendeten sich histologischen Untersuchungen von Knorpelpräparaten operierter Trichterbrustpatienten zu (Feng et al. 2001, Fokin et al. 2009, David et al. 2011). Es resultierten verschiedene, teils widersprüchliche, Beobachtungen. So beschreibt Fokin et al. polymorphe Zellstrukturen, eine verstärkte Vakuolisierung sowie vermehrte fokale Nekrosen im Knorpelgewebe in Kombination mit einer Hochregulation verschiedener am Kollagenstoffwechsel beteiligter Gene, während Feng et al. unauffällige Zellstrukturen, jedoch eine erhöhte biomechanische Instabilität, bedingt durch gestörte Kollagenmuster nachweisen konnten (Feng et al. 2001, Fokin et al. 2009). Eine Untersuchung von David et al. mündete letztlich in der Vermutung, dass die Trichterbrust durch ein globales Überwachstum des costochondralen Knorpels bedingt sein könnte, auch wenn dies zumindest bildmorphologisch durch Nakaoka bereits widerlegt werden konnte (Nakaoka et al. 2010, David et al. 2011).

2.4 Klinisches Erscheinungsbild, Symptome und Pathophysiologie

Trichterbrustpatienten neigen zu einer typischen Körperhaltung mit Hyperkyphose im Brustwirbelsäulenbereich, hängenden Schultern sowie auffälliger Protuberanz der unteren

Rippenbögen und ausladendem Abdomen (Donald Nuss 2010). Die Patienten sind zumeist groß, schlank und von schleppendem Gang (Koumbourlis 2009).

In Bezug auf körperliche Einschränkungen werden eine verminderte Ausdauer, eine schnellere Ermüdbarkeit bei körperlicher Aktivität, Luftnot bei Belastung und ein Engegefühl in der Brust angegeben (Kelly et al. 2007, Donald Nuss 2010). Die objektive Beurteilung und pathophysiologische Einordnung dieser Beschwerden fällt in Anbetracht der momentanen Untersuchungslage noch schwer.

In der Vergangenheit wurde ein durch die Trichterbrust reduziertes Lungenvolumen als Ursache der verminderten Belastbarkeit vermutet. Dies konnte in einer Studie mit CT-gestützter 3-dimensionaler Rekonstruktion der Lunge widerlegt werden (Zeng et al. 2010).

Da eine pulmonale Erklärung der Symptomatik dennoch naheliegend wäre, wurde die Lungenfunktion von Trichterbrustpatienten in mehreren Publikationen eingehend untersucht.

Die Ergebnisse von Spirometrie und Bodyplethysmografie zeigten hierbei ein sehr heterogenes Bild. Trichterbrustpatienten scheinen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit auffällige Lungenfunktionsparameter vorzuweisen als Gleichaltrige ohne Thoraxdeformität (Coskun et al. 2010). Die Verteilung schwankt je nach Autor zwischen eher obstruktiven sowie vermehrt restriktiven Befundkonstellationen. So wurde zum Beispiel in einer Studie von Lawson et al. mit über 300 Trichterbrustpatienten bei 14,5 % der Untersuchten eine restriktive Störung nachgewiesen, welche auf die eingeschränkte Entfaltung der Lunge durch einen rigideren Thorax zurück geführt wurde (Lawson et al. 2011). Nur 1,6% zeigten obstruktive Werte. Es wurde eine Korrelation zwischen Schweregrad der Trichterbrust und auffälligen Lungenfunktionsparametern beobachtet. Eine Studie von Koumbourlis et al. mit etwas über 100 Patienten wies wiederum bei 41% der Untersuchten obstruktive Konstellationen nach und nur bei 5% eine restriktive Komponente (Koumbourlis und Stolar 2004). Einheitlich wurden schwerwiegende Veränderung nur selten beschrieben und lagen bei der Mehrzahl der Trichterbrustpatienten normale oder nur leicht verminderte Werte für totale Lungenkapazität, forcierte Einsekundenkapazität und forcierte Vitalkapazität vor (Koumbourlis und Stolar 2004).

Einen weiteren Erklärungsansatz stellen die veränderte Thoraxkonfiguration und deren Einfluss auf die Atemmechanik dar. In einer Arbeit von Redlinger et al. wurden insgesamt 119 Kinder und Jugendliche mittels der sogenannten „optoelektronischen Plethysmografie“ untersucht (Redlinger et al. 2011). Anhand zahlreicher auf Brust- und Bauchwand

aufgebrachter Sensoren wurden hierbei Verschiebungen von thorakalen und abdominalen Volumina während der In- und Expiration über eine Infrarotkamera aufgezeichnet und ausgewertet. Im Vergleich zu den gesunden Probanden fielen in der Trichterbrustgruppe, bei ähnlichen Ausgangswerten in Ruhe, eine verminderte thorakale Beweglichkeit und kompensatorisch erhöhte abdominale Atemarbeit unter Belastung auf.

Entsprechend könnte die schnellere Erschöpfung während körperlicher Anstrengung auch auf einen rigideren Brustkorb und eine weniger anpassungsfähige Atemarbeit zurückzuführen sein.

An kardialen Einschränkungen werden eine Kompression des Herzens mit reduziertem Auswurfvolumen, ein Mitralklappenprolaps und Herzrhythmusstörungen beschrieben (Donald Nuss 2010). Coln et. al untersuchte 123 Trichterbrustpatienten mittels Echokardiografie und Belastungs-Elektrokardiogramm und konnte bei 95% der Untersuchten eine Kompression des Herzens nachweisen sowie bei 44% Auffälligkeiten im Bereich der Mitralklappe (Coln et al. 2006). In den Studien von Nuss et al. zeigten bis zu 17% der untersuchten Kinder einen Mitralklappenprolaps im Vergleich zu unter 5 % in der normalen pädiatrischen Population (Ohara et al. 1991, Donald Nuss 2010). Es wird angenommen, dass durch die veränderten anatomischen Verhältnisse und die reduzierte anteroposteriore Ausdehnung des Thorax, die Motilität des Herzens und die Füllung der Herzkammern beeinträchtigt sind (Koumbourlis 2009). Bei normalen Parametern in Ruhe, kommt es dann unter Belastung zu einer nur unzureichenden Steigerung des Schlagvolumens, welche nicht den metabolischen Ansprüchen des Körpers genügt. Dies könnte eine Erklärung für die häufig beschriebene Müdigkeit, schnellere Erschöpfung und überproportionale Tachykardie bei physischer Beanspruchung sein und wurde bereits in mehreren Studien mittels Spiroergometrie und Echokardiografie untersucht (Zhao et al. 2000, Rowland et al. 2005, Lesbo et al. 2011). Es wurden eine im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe reduzierte kardiale Funktion und Leistungsfähigkeit nachgewiesen. Eine Untersuchung von Chao et al. mit intraoperativer, transösophagealer Echokardiografie während der Trichterbrustkorrektur nach Nuss scheint dies zu bestätigen. Postoperativ zeigte sich bei den untersuchten Patienten eine Entlastung der rechtskardialen Strukturen mit Größenzunahme des rechten Vorhofes und rechtsventrikulären Ausflusstraktes (Chao et al. 2015).

Das zeitgleiche Auftreten von einer Skoliose und einer Trichterbrust wurde ebenfalls bereits von mehreren Autoren thematisiert (Waters et al. 1989, Hong et al. 2011, Wang et al. 2012). Die Inzidenz bewegte sich hierbei zwischen 17,61 und 22,58% im Vergleich zur

Normalbevölkerung, bei der die Häufigkeit einer idiopathischen Skoliose zwischen 0,2 bis 6% geschätzt wird (Dayer et al. 2013). Ein Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Auftreten der Skoliose wurde beschrieben. Demnach sind überwiegend Patienten ab der Adoleszenz betroffen (Hong et al. 2011). Als ursächlich werden mechanische Faktoren vermutet. So soll es durch die ungleichmäßige Übertragung der thorakalen Kräfte auf die Rippen-Wirbelkörper-Gelenke und die Verdrängung mediastinaler Strukturen durch die Thoraximpression zu einer Verschiebung der Wirbelkörper und einer sekundären Skoliose kommen (Waters et al. 1989, Wang et al. 2012).

Einen wesentlich größeren Anteil an dem häufig geäußerten Therapiewunsch scheint jedoch die psychische Belastung der Patienten zu haben (Kelly et al. 2008). Die kosmetische Beeinträchtigung wird als entstellend wahrgenommen und resultiert in sozialem Rückzug und der Vermeidung des Entkleidens in der Öffentlichkeit, z.B. im Freibad oder im Sportunterricht (Aloi et al. 2009). Ein reduziertes Selbstwertgefühl und gestörtes Körperbild können Folge sein und zu einer verminderten Lebensqualität führen (Steinmann et al. 2011). In einer Studie von Ji et al. mit über 400 unbehandelten Trichterbrustpatienten konnte ein erhöhtes Risiko für psychische und soziale Einschränkungen im Vergleich zu gesunden Gleichaltrigen nachgewiesen werden (Ji et al. 2011). Besonders groß schien hierbei der Leidensdruck in der Adoleszenz zu sein, maßgeblich abhängig vom Schweregrad der Trichterbrust und den Reaktionen des sozialen Umfeldes. Es entsteht nicht selten eine erhebliche Belastungssituation für die Betroffenen und ihre Angehörigen, welche sich auf zahlreiche Aspekte des Alltags auswirkt (Einsiedel und Clausner 1999).

Wenn bisher auch nur wenige Untersuchungen zu Lebensqualität und psychischem Wohlbefinden von unbehandelten Trichterbrustpatienten im Vergleich mit gesunden Gleichaltrigen vorliegen, so haben sich mittlerweile mehrere Studien mit den Veränderungen nach einer operativen Korrektur beschäftigt. Hierzu kamen speziell angefertigte Fragebögen zum Einsatz, allen voran der „Pectus Excavatum Evaluation Questionnaire“, welcher in modifizierter Form für Patienten und deren Eltern vorliegt und neben körperlichen Einschränkungen verschiedene psychosoziale Aspekte thematisiert (Lawson et al. 2003, Krasopoulos et al. 2006, Kelly et al. 2008, Lam et al. 2008, Jacobsen et al. 2010, Kuru et al. 2014). Anhand des Fragebogens konnten unter anderem ein postoperativ verbessertes Selbstwertgefühl und Körperbild, verminderte soziale Ängste sowie eine erhöhte Frustrationstoleranz und Zufriedenheit nachgewiesen werden.

Da das eigene Körperbild einen nicht unerheblichen Einfluss auf das Selbstbewusstsein, das psychische Wohlbefinden und die subjektive Lebensqualität des Einzelnen hat, muss auch dieser symptomatische Aspekt bei Trichterbrustpatienten besondere Beachtung finden (Paxton et al. 2006, Steinmann et al. 2011).

2.5 Diagnostische Möglichkeiten

Sinnvolle diagnostische Schritte zur Objektivierung körperlicher Symptome und der Ausprägung der Trichterbrust stellen, neben Anamnese und körperlicher Untersuchung, eine genaue Vermessung der anatomischen Strukturen, Röntgenaufnahmen des Thorax in zwei Ebenen, Lungenfunktionsuntersuchungen, die Spiroergometrie sowie Elektrokardiogramm und Echografie dar. Präoperativ wird international häufig eine Computertomografie des Thorax vorgenommen. Des Weiteren empfiehlt sich eine Fotodokumentation, um eine eventuelle Dynamik des Befundes zu erfassen oder einen Vorher-Nachher-Vergleich nach der Behandlung zu ermöglichen.

Zur Vermessung des Brustkorbes stehen nach Willital verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung (G.H. Willital 2000). Mittels eines Beckenzirkels kann zum Beispiel der sagittale sternovertebrale Abstand ermittelt werden und mit Normtabellen abgeglichen werden. Anhand eines flexiblen Lineals ist es möglich, eine Abformung des Thorax vorzunehmen, um den sagittalen Thoraxdurchmesser und den Prozentsatz der sternalen Einziehung zu quantifizieren. Der angerfertigte Abdruck wird auf Dokumentationsbögen übertragen und vermessen. Eine sternale Einziehung über 25% wird mit sekundären Veränderungen von Herz, Lunge und Wirbelsäule in Verbindung gebracht und als Operationsindikation gewertet. Eine weitere Möglichkeit stellt die Bestimmung des Trichtervolumens durch die Instillation von Flüssigkeit in den Trichter dar.

Als genauere Methode zur Einschätzung des Schweregrades wird der sogenannte Haller-Index verwendet. Hierbei werden in einer Computertomografie des Thorax der größte transversale Durchmesser des inneren Rippenkäfigs (Abstand 1) und der kleinste anteroposteriore Abstand zwischen Sternum und Wirbelkörpern (Abstand 2) ermittelt (Urschel 2009). Es ergibt sich folgende Formel:

$$\text{Haller Index (HI)} = \text{Abstand 1} / \text{Abstand 2}$$

Werte gleich oder größer als 3,25 gelten in der Regel als Indikation für einen operativen Eingriff (Mortellaro et al. 2011). Die Aussagekraft des Indexes ist jedoch ebenfalls Grenzen unterworfen. So schwanken die Vermessungsergebnisse zum Beispiel signifikant in den

Phasen der In- und Expiration und können zu verfälschten Werten führen (Birkemeier et al. 2011, Albertal et al. 2013). Neben dem Haller Index existieren zahlreiche weitere Hilfen zur Einschätzung des Schweregrades, wie der Correction Index (St Peter et al. 2011, Poston et al. 2014), der Cardiac Compression Index (Kim et al. 2009) oder der Hümmer Index (F. Pinterits et al. 1988).

Neben der Objektivierung des Schweregrades ermöglichen ein Röntgen des Thorax und eine Computertomografie eine Abschätzung der anatomischen Verhältnisse. Eine Rotationskomponente des Sternums, eine kardiale Kompression oder eine Asymmetrie der Brustwand können so frühzeitig in die Behandlungsplanung einbezogen werden (Donald Nuss 2010).

Spirometrie und Bodyplethysmografie können, insbesondere bei pulmonalen Symptomen, Aussage über mögliche restriktive oder obstruktive Einschränkungen geben und bieten Vergleichsparameter für das postoperative Outcome. Eine reduzierte körperliche Belastbarkeit lässt sich mittels Spiroergometrie quantifizieren. In verschiedenen Untersuchungen mit Spiroergometrie und Echokardiografie wurde nachgewiesen, dass maximale Sauerstoffaufnahme, Belastungsdauer und metabolische Leistungen reduziert sein können (Thomas Rowland et al. 2009, Jayaramakrishnan et al. 2013).

Zum Ausschluss eines Mitralklappenprolaps und kardialer Vorerkrankungen sollte, bei entsprechenden anamnestischen Hinweisen, ein EKG mit Echokardiogramm, ggf. auch unter Belastung, erfolgen (Koumbourlis 2009). Zum Einem dient dies zur Abklärung der Beschwerden, zum Anderem schließt man präoperativ relevante kardiale Einschränkungen aus. Im Echokardiogramm können eine Kompression des rechten Ventrikels sowie ein reduziertes Schlagvolumen nachweisbar sein. Das EKG ist zumeist unauffällig, ein Rechtsherztyp und Veränderungen der ST-Strecke wurden beschrieben.

2.6 Behandlungsmöglichkeiten

Die Indikation zur Behandlung und die Auswahl der Behandlungsmethoden richten sich primär nach Schweregrad der Deformität und körperlicher Einschränkung des Patienten.

Die operative Korrektur wird in der Regel bei einem Haller-Index gleich oder größer 3,25, objektiven körperlichen Einschränkungen, einer deutlichen Befundprogredienz oder starker psychologischer Beeinträchtigung des Patienten bevorzugt. Sollten diese Kriterien nicht erfüllt sein, kann auf eine klinische Beobachtung oder konservative Behandlungsmethoden zurück gegriffen werden (Frantz 2011). Hierzu zählt die Saugglockenbehandlung nach Klobe.

2.6.1. Operative Korrektur nach Nuss

Ende des 20. Jahrhunderts wurde die operative Behandlung der Trichterbrust durch die Einführung der minimal invasiven Korrektur nach Nuss revolutioniert. Als erster Chirurg ging Donald Nuss ohne thorakale Knorpelinzision oder -exzision vor und ermöglichte eine kosmetisch befriedigende Korrektur ohne große Narben (Nuss et al. 1998).

Über kleine Inzisionen am seitlichen Brustkorb wird während der Nuss-Operation unter thorakoskopischer Kontrolle ein konvex gebogener Metallbügel in den Thorax eingeführt (C. Shamberger 2006). Initial befindet sich die gebogene Seite der Wirbelsäule zugewandt und wird erst nach Erreichen der optimalen Position unterhalb des Sternums gedreht. In Folge kommt es durch Anheben des Brustbeines zu einem Ausgleich der Trichterbrust. Je nach Ausprägung und Alter des Patienten können eine Fixierung des Bügels über Stabilisatoren an der Thoraxwand, sowie der Einsatz von mehreren Bügeln erforderlich sein. Der Bügel verbleibt über etwa zwei Jahre im Brustkorb und wird erst dann durch einen erneuten Eingriff entfernt. Über den optimalen Operationszeitpunkt herrscht noch keine Einigkeit, es handelt sich jedoch zumeist um adoleszente Patienten.

Sowohl bei den ersten 42 Trichterbrustpatienten, die sich zwischen 1987 und 1996 der Korrektur unterzogen, als auch bei den seit dem operierten Patienten, konnten überwiegend gute bis exzellente kosmetische Ergebnisse erzielt werden (Nuss 2008). Der positive Einfluss der Nuss-Operation auf die subjektive Belastbarkeit, das psychosoziale Wohlbefinden und die optische Erscheinung wurden eingehend untersucht und belegt (Kelly et al. 2008, Protopapas und Athanasiou 2008, Jacobsen et al. 2010).

Zu den häufigsten postoperativen Komplikationen zählen ein Pneumothorax, Bügeldislokationen sowie Wundheilungsstörungen (Park et al. 2004, Protopapas und Athanasiou 2008, Johnson et al. 2014). Des Weiteren stehen starke Schmerzen in den ersten Tagen nach dem Eingriff im Vordergrund der Beschwerden.

Schwerwiegendere Komplikationen wie die Perforation kardialer Strukturen, der Leber, der Lunge oder die Verletzung großer intrathorakaler Gefäße sind selten, können jedoch diverse Korrektureingriffe nach sich ziehen oder einen letalen Ausgang haben (Becmeur et al. 2011, Schaarschmidt et al. 2013)

2.6.2 Saugglockentherapie nach Klobe

Die Möglichkeit der konservativen Trichterbrust-Behandlung mittels einer Saugglocke tauchte bereits Anfang des 20. Jahrhundert erstmals in der medizinischen Literatur auf (Lange 1910, Spitzzy 1922). Die damaligen Glocken bestanden jedoch aus Glas, sodass die Anpassung an die Thoraxwand nur eingeschränkt möglich war. Um die Glocke luftdicht abschließen zu können wurden zum Beispiel Zinkleim oder ein Kautschuckring verwendet.

Ziel der Saugglockentherapie ist es die Trichterbrust ohne einen invasiven Eingriff auszugleichen. Hierbei kommt ein lokal erzeugter Unterdruck zum Einsatz, welcher das Brustbein samt Rippenknorpeln und Brustbein-Rippen-Gelenken anhebt. In Folge tritt eine zunächst reversible elastische Verformung des Thorax ein, welche allmählich in einem permanenten Umbau und Ausgleich des Trichters resultieren soll.

Die heutigen Modelle stammen von Eckart Klobe, einem Diplom-Chemieingenieur, der zwischen 1992 und 1995 im Selbstversuch eine Alternative zur Korrektur seiner eigenen Trichterbrust entwickelte (Klobe 2007). Seit 2002 ist die Saugglocke nach Klobe CE-zertifiziert und gilt als offizielles Medizinprodukt. Eine Kostenübernahme durch die Krankenkassen liegt nur in Ausnahmefällen vor, der Kaufpreis liegt im mittleren dreistelligen Euro-Bereich. Der direkte Effekt der Anwendung konnte in CT-gestützten Untersuchungen sowie thorakoskopisch nachgewiesen werden (Schier et al. 2005). In Einzelfällen wird die Saugglocke auch im Rahmen der Nuss-Operationen genutzt (Morshuis et al. 1994). Die Elevation des Brustbeines vergrößert hierbei intraoperativ den Abstand zwischen Thoraxwand und intrathorakalen Strukturen und erleichtert das Einführen des Metallbügels.

Der Körper der Saugglocke besteht aus einer elastischen Auflagefläche aus Silikon und einer Sichtscheibe aus Polycarbonat (Abb.2). Über einen Saugball aus PVC, der mittels eines kleinen Schlauches (ebenfalls PVC) mit der Sichtscheibe verbunden ist, wird manuell die Luft aus der Glocke gepumpt und ein Unterdruck erzeugt. Dieser befindet sich nach Herstellerangaben bei etwa 15% unterhalb des Umgebungsdruckes, wird jedoch intuitiv durch den Patienten selbst festgelegt.



Abb. 2: Saugglockenmodelle nach Klobe

Es liegen im Moment fünf verschiedene Modelle unterschiedlicher Größe und Durchmessers vor. So kann flexibel auf Alter und Geschlecht des Patienten sowie Form des Trichters eingegangen werden.

- „Große Saugglocke“, Durchmesser 26 cm
- „Kleine Saugglocke“, Durchmesser 19 cm
- „Kleine Saugglocke Typ Bodybuilder“, Durchmesser 19 cm, dünnere und weichere Seitenflanken, besser geeignet bei großen Brustmuskeln / empfindlichen Brustwarzen
- „Kleine Saugglocke Typ Frauen“ Durchmesser 19 cm, Aussparung der Seitenflanken, konkave Form zur Anpassung an die weibliche Brust
- „Mini Saugglocke“, Durchmesser 16 cm

Zur optimalen Anwendung wird die Saugglocke so auf dem Brustkorb des Patienten positioniert, dass der Trichter vollständig abgedeckt ist und die Mamillen beidseits ausgespart bleiben. Nach leichtem Andrücken der Glocke zum vollständigen Abdichten wird manuell, durch Kompression des Saugballes, die Luft abgepumpt. Die erste Anwendung sollte unter ärztlicher Beobachtung erfolgen. Im Anschluss wird die Saugglocke täglich selbst durch den Patienten oder gegebenenfalls durch eine Hilfsperson angelegt. Zum Abnehmen wird über eine Schraubverbindung Luft in den Saugkörper gebracht. Dieser kann dann sehr leicht vom Brustkorb abgelöst werden.

Der Hersteller empfiehlt eine Tragedauer von 1 bis 3 Stunden täglich, verteilt über 1 bis 2 Tragezeiten (Klobe 2010a). Da der Patient individuell über die Anwendung bestimmt, kann diese jedoch je nach persönlichem Ehrgeiz und Verträglichkeit erheblich schwanken und auch mehrere Stunden täglich betragen.

Inbesondere bei jüngeren Patienten lässt sich im Rahmen der Anwendung sofort ein Abheben des Sternums beobachten. Bei älteren Patienten kann dies unter Umständen einige Wochen in Anspruch nehmen. Konkrete Angaben, ab wann erste Verbesserungen zu beobachten sind und wie diese ausfallen, liegen nur bedingt vor. Es wurde über einen üblichen Rückgang des Trichters von mindestens einem Zentimeter nach ein bis drei Monaten berichtet (Schier et al. 2005, Haecker 2011). Die größten Erfolge sind laut Klobe in den ersten vier Monaten zu verzeichnen, die folgenden Monate dienen eher der Stabilisierung und Optimierung des erreichten Ergebnisses (Klobe 2010b). Eine Gesamttragedauer von mindestens zwei Jahren wird empfohlen.

An Nebenwirkungen werden lokale Hautveränderungen, wie Schwellungen, Hämatome und Petechien sowie Schwindelgefühle bei der Anwendung und Schmerzen vor und nach dem Tragen angegeben (Schier et al. 2005, Haecker 2011, Lopez et al. 2016). Die Anwendungshinweise des Herstellers verweisen des Weiteren auf die Möglichkeit von Rippenfrakturen sowie einer Gynäkomastie.

2.6.3 Weitere Behandlungsmöglichkeiten / Ausblick

Neben der Nuss-Operation, als minimal invasiver Behandlungsvariante und der Saugglockenbehandlung, bilden die verschiedenen „offenen“ Korrektureingriffe weiterhin einen festen Bestandteil der Trichterbrustversorgung und der aktuellen Forschung. Grundlage ist hierbei zumeist die bereits erwähnte Ravitch-Methode, welche über einen größeren Zugangsweg differenziertere Veränderungen der Knorpel- und Knochenstrukturen ermöglicht und somit vor allen bei asymmetrischen und stark ausgeprägten Deformitäten gute kosmetische Ergebnisse ermöglicht. Mittlerweile liegen zahlreiche Modifikationen dieses Eingriffes vor, welcher nach einer breit angelegten Untersuchung von Johnson et al. der Nuss-Operation in punkto optisches Ergebnis, Komplikationen und Aufenthaltsdauer im Krankenhaus nicht wesentlich nachsteht (Johnson et al. 2014).

Zentrales Thema der Neuerungen auf diesem Gebiet ist unter anderem die bessere Stabilisierung des Brustbeines nach der Korrektur durch die Osteotomie oder Teilresektion des Sternums. Eine Erweiterung stellt zum Beispiel eine von Masaoka et al. beschriebene Variante dar, bei der, neben einer kürzenden Resektion der kaudalen Sternumanteile, eine retrosternale, das Brustbein stützende Brücke, aus einer Verbindung des vierten oder fünften Rippenknorpels gebildet wird (Masaoka et al. 2012). Vorteil dieser Methode ist ein vollständiger Verzicht auf Metallimplantate. Vergleichsweise wurden in Studien von Funk et

al. sowie Ashour et al. autologes und allogenesis Knochenmaterial aus Femur oder Tibia zur Stabilisierung des Sternums nach der Osteotomie mit vielversprechendem Ergebnis angewandt (Funk et al. 2011, Ashour et al. 2015). Das sogenannte „Strasbourg Thorax Osteosyntheses System“ (STRATOS™) wiederum erzielt diese Wirkung durch Titan-Bügel, die mittels Clips retrosternal befestigt werden und im Thorax verbleiben (Stefani et al. 2013). Alternativ wird seit kurzem der Einsatz von Kunststoffnetzen aus Polypropylen, als retrosternale Stabilisierung und zum dauerhaften Verbleib im Körper, erprobt (Rasihashemi und Ramouz 2016).

Als weitere operative Behandlungsmöglichkeit steht der rein kosmetische Ausgleich der Trichterbrust durch das Einbringen von Silikonimplantaten zur Verfügung. Hierzu kommen spezielle Hart- oder Flüssigsilikone zum Einsatz, welche nach einem im Vorfeld gefertigten Gipsabdruck an die Brust des Patienten angepasst werden (Anger et al. 2014, Soccorso et al. 2015).

Auch die Nuss-Operation selbst hat mittlerweile diverse Erweiterungen erfahren. Da die Bügeldislokation eine der Hauptkomplikationen darstellt, wird intensiv an einer Optimierung der Stabilisierung des Metallbügels gearbeitet. Hierzu kommen neue Hilfsmittel wie die „Hinge Plate“, eine Art Scharnier in Form einer Basisplatte mit konvexer Aussparung, zum Einsatz. Diese führt den Bügel, die entstehenden Kräfte werden gleichmäßiger verteilt und ein „Verrutschen“ sowie Verletzungen der Interkostalmuskulatur werden erschwert (Park et al. 2011). Befestigt wird die Platte mittels einer speziellen Nahttechnik an den Rippen ober- und unterhalb der intrathorakalen Bügeleintrittsstelle. Zur Fixation der „Hinge Plate“ kann zusätzlich ein „Claw Fixator“ verwendet werden, welcher sich nahtlos in den Rippen verankert (Park et al. 2015).

Alternativ wird der Einsatz von „FibreWire®“-Faden, also einer Kombination aus mehrsträngigem Polyethylen-Faden und einer geflochtenen Polyesterhülle mit besonderer Reißfestigkeit, diskutiert (McMahon et al. 2014). Trotz des Verzichtes auf klassische Stabilisatoren sollen hierdurch eine Rotation und das Abkippen des Bügels möglichst verhindert werden.

Einen weiteren Forschungsansatz stellt die Entwicklung einer „Sensorized Nuss Bar“ dar (Betti et al. 2014). Mit dieser Bügelform soll es möglich werden, den Druck des Brustbeines auf das retrosternal platzierte Metallimplantat zu messen. Hierzu wird ein Sensor in den Bügel integriert, welcher durch Aktivierung von außen abgelesen werden kann. Unter der Annahme,

dass mit der Korrektur der Trichterbrust eine Veränderung, der in regelmäßigen Kontrollen erfassten Druckverhältnisse, eintritt, könnte somit der Zeitpunkt der Bügelentnahme individueller festgelegt werden und eventuell die Verweildauer des Implantates reduziert werden.

Gegenstand aktueller Untersuchungen ist die Behandlung der Trichterbrust mittels der so genannten „Magnetic mini-mover-procedure (3MP)“, welche seit 2007 an der University of California in San Francisco entwickelt wird (Harrison et al. 2007). Hierbei wird ein Magnet im Bereich des Sternums implantiert („Magnimplant“) und mit einer externen magnetischen Thoraxorthese („Magnatract“) kombiniert. Durch den so entstehenden Zug wird das Brustbein, ähnlich der Saugglockentherapie, langsam in eine gehobene Position gebracht und der Trichter ausgeglichen. Die Behandlung erfolgt über mehrere Monate, die Orthese wird über etwa 16 Stunden pro Tag getragen. Eine erste klinische Anwendung an 10 Probanden im Alter von 8 bis 14 Jahren zeigte einen positiven Effekt auf die Trichterbrust bei 50% der Anwender (Harrison et al. 2012). Bei fünf der Patienten war aufgrund einer Fehlposition des „Magnimplants“ bzw. einer Nahtinsuffizienz ein Revisionseingriff notwendig. Bevor abschließend über die Erfolge dieser Methode geurteilt werden kann, müssen weitere Untersuchungen folgen.

3. Ziele der Arbeit

Das Ziel der vorliegenden Arbeit stellte eine umfassende und kritische Auseinandersetzung mit der konservativen Saugglockentherapie nach Klobe als mögliche Alternative zum operativen Eingriff dar. Die Wirksamkeit der Saugglocke wurde hierzu im Rahmen einer Anwendungsbeobachtung anhand objektiver Kriterien bei einer Gruppe von Patienten vor und nach Therapie untersucht. Des Weiteren erfolgte eine Befragung zu Therapiezufriedenheit und subjektiver Lebensqualität von sämtlichen operativ und konservativ behandelten Trichterbrustpatienten, welche zwischen dem Zeitpunkt der deutschlandweiten Einführung der Saugglockentherapie und dem Ende der Anwendungsbeobachtung über die kinderchirurgische Ambulanz des Universitätsklinikums Jena betreut wurden.

Die konkreten Fragestellungen der Untersuchung lauteten:

- Stellt die Saugglocke im Vergleich zum operativen Eingriff ein Verfahren mit geringerem Nebenwirkungspotential und weniger Einschränkungen im Alltag dar?
- Hat die Saugglocke einen nachweisbar positiven Einfluss auf die Form des Brustkorbes und die Lungenfunktion der behandelten Trichterbrustpatienten?
- Bestanden vor der Behandlung körperliche Beeinträchtigungen durch die Trichterbrust und haben sich diese subjektiv nach der Operation oder der Saugglockentherapie verbessert?
- Zeigt sich nach der Saugglockentherapie eine subjektive Verbesserung der Lebensqualität?
- Haben behandelte sowie nicht behandelte Trichterbrustpatienten eine reduzierte gesundheitsbezogene Lebensqualität im Vergleich zur Normbevölkerung?
- Wie empfinden die Patienten das Behandlungsergebnis? Gibt es Unterschiede in der persönlichen Zufriedenheit von operativ und konservativ behandelten Patienten?

4. Material und Methoden

4.1 Patientenauswahl

4.1.1 Anwendungsbeobachtung Saugglockenpatienten

In die Untersuchung einbezogen wurden zunächst sämtliche Patienten, die sich zwischen August 2009 und Mitte 2011 mit dem ausdrücklichen Wunsch einer Saugglockenbehandlung in der kinderchirurgischen Ambulanz des Universitätsklinikum Jena vorstellten. Alle 38 Interessenten hatten bereits im Vorfeld über das Internet und Bekannte Informationen über die Saugglocke eingeholt, litten unter keinen schwerwiegenden körperlichen Beschwerden und wünschten aufgrund der kosmetischen Beeinträchtigung eine Behandlung der Trichterbrust. Im Folgenden wird dieses Patientenkollektiv als „Gruppe 1“ bezeichnet (Tab.1).

Nach Erfassung der demografischen Daten und ausführlicher Anamnese erfolgte eine Beratung bezüglich sämtlicher möglicher Behandlungsmöglichkeiten durch einen Oberarzt bzw. eine Oberärztin sowie die Vermessung der Trichterbrust durch den Promovenden. Bei weiterhin bestehendem Interesse fanden eine Einweisung in den Gebrauch der Saugglocke und die Ausstellung der notwendigen ärztlichen Unbedenklichkeitsbescheinigung für den Erwerb statt. Des Weiteren wurden alle Patienten vor Einbezug in die Anwendungsbeobachtung ausführlich hierüber informiert und gaben ihr schriftliches Einverständnis. Bei minderjährigen Patienten erfolgte dies stellvertretend durch einen erziehungsberechtigten Elternteil. Es erfolgte eine Anzeige des Vorhabens bei der Ethikkommission der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Hierbei wurden keine ethischen Bedenken bezüglich der Verwendung der in der Anwendungsbeobachtung erhobenen Daten gesehen. Zusätzlich fand eine Aufklärung bezüglich therapiebedingter Nebenwirkungen statt und wurde die Empfehlung gegeben, die Saugglocke mindestens zwei Mal täglich über 30 Minuten zu tragen.

Neben der Fotodokumentation und Vermessung erfolgte die Vereinbarung eines Termins zur Spirometrie mit Bodyplethysmografie. Ein Teil der Patienten entschloss sich nach dem ersten Beratungsgespräch gegen die Saugglocke und eine weitere Behandlung, sodass auch die Lungenfunktionsprüfung nicht wahrgenommen wurde. Bei weiteren sechs Patienten war im Rahmen der Trichterbrust erst vor Kurzem ambulant eine Spirometrie durchgeführt worden, bzw. wurde die Untersuchung aus organisatorischen Gründen heimatortnah nachgeholt. Ebenfalls im ersten Beratungsgespräch erfolgte die Aushändigung des SF 36, einem Fragebogen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität, an alle Patienten über 14 Jahren.

Altersbedingt entfiel hierdurch ein Teil der Interessenten. Der Erwerb der Saugglocke fand im Anschluss privat durch die Patienten bzw. durch deren Angehörige statt.

Tab. 1: Patientenanzahl pro durchgeführter Untersuchung Gruppe 1 (n=38)

Patienten	insgesamt	weiblich	männlich
Vermessung	38	10	28
Lungenfunktionsprüfung	25	7	18
> nur Spirometrie	5	2	3
> Spirometrie und Bodyplethysmografie	20	5	15
SF 36	22	2	20

Sechs Monate nach der Erstvorstellung wurden die Patienten schriftlich zu einer erneuten Untersuchung in die Ambulanz der Kinderchirurgie eingeladen. Bei ausbleibender Antwort erfolgte eine telefonische Kontaktaufnahme und Terminvereinbarung. Letztlich entschlossen sich fünfzehn der untersuchten Patienten aus Gruppe 1 für eine Saugglockenbehandlung. Ein Patient beendete die Therapie nach 3-monatiger Anwendung aufgrund subjektiv empfundener mangelnder Erfolge. Die übrigen vierzehn Patienten wurden erneut vermessen, fotografiert und einer Lungenfunktionsprüfung unterzogen. Neben dem „SF 36“ kam nun ein selbst erstellter Therapiefragebogen („Fragebogen zur Saugglockentherapie nach Klobe“) zu Anwendungshäufigkeit, Nebenwirkungen und Zufriedenheit zum Einsatz. Bei Patienten unter 14 Jahren erfolgte die Bearbeitung gemeinsam mit einem Elternteil. Aufgrund einer fehlenden Lungenfunktionsprüfung zu Beginn der Behandlung wurden zwei Patientinnen aus der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

Die übrigen zwölf Saugglockenanwender, bei denen Vermessung und Lungenfunktionsprüfung jeweils vor und nach Therapie vorlagen, werden im weiteren Verlauf als „Gruppe 1a“ bezeichnet.

4.1.2 Retrospektive Befragung

Zwischen Einführung der Saugglockentherapie Anfang 2003 und August 2009, also dem Beginn der Anwendungsbeobachtung, stellten sich 63 Trichterbrustpatienten in der kinderchirurgischen Ambulanz des Universitätsklinikum Jena mit dem Wunsch zu einer konservativen Behandlung vor. Nach Sichtung der elektronischen Akten zur Erfassung relevanter Vorerkrankungen und den Eckdaten der Behandlung wurden die damaligen Adressen sowie Kontaktdaten ermittelt und sämtliche dieser Patienten, bzw. bei minderjährigen Saugglockenanwendern auch deren Eltern, schriftlich zur Teilnahme an der Befragung eingeladen. Im Vorfeld erfolgte eine Anzeige des Vorhabens bei der

Ethikkommission der Friedrich-Schiller-Universität Jena mit Bewilligung der Untersuchung. Neben einer detaillierten Beschreibung der geplanten Studie und einer Einverständniserklärung zur Teilnahme an dieser, erfolgte die Zusendung des bereits erwähnten selbst erstellten Therapiefragebogens sowie bei Patienten über 14 Jahren des „SF 36“. Vier der Patienten waren zum Befragungszeitpunkt nach unbekannt verzogen und entfielen somit der Untersuchung. 16 Antworten wurden zurückgesandt, welches einem gesamten Rücklauf von 25% entspricht. Die befragten Saugglockenanwender werden folgend als „Gruppe 2“ bezeichnet.

Um die Behandlungszufriedenheit zwischen operierten und konservativ behandelten Trichterbrustpatienten aus einer ähnlichen Patientenkohorte vergleichen zu können, wurden alle zwischen Januar 2003 und Juli 2011 in Jena operierten Trichterbrustpatienten in die Befragung mit einbezogen. Dies entspricht dem zusammen genommenen Behandlungszeitraum von „Gruppe 1a“ und „Gruppe 2“. Es wurden in den gewählten Jahren 16 Patienten nach Nuss operiert, 15 Patienten einer Entfernung des Metallbügels nach einer Nuss-Operation unterzogen und bei 9 Patienten, mit entsprechendem zeitlichen Abstand, beide Eingriffe durchgeführt. Insgesamt ergaben sich somit 40 operierte Patienten mit ähnlichem Durchschnittsalter und vergleichbarer Geschlechterverteilung.

Wie auch in der Befragung der Saugglockenpatienten erfolgte im Voraus die Anzeige bei der Ethik-Kommission der Friedrich-Schiller-Universität Jena, die Zusendung einer ausführlichen Beschreibung der geplanten Untersuchung mit schriftlicher Einverständniserklärung, einer angepassten Form des selbst erstellten Fragebogens und des SF 36. Sechs der Patienten waren zum Zeitpunkt der Befragung nach unbekannt verzogen. Insgesamt 18 Patienten, zwei weiblichen und 16 männlichen Geschlechtes, sendeten beide Fragebögen beantwortet zurück, welches einem Recall von 44% entspricht. Diese Patientengruppe wird im weiteren Verlauf mit „Gruppe 3“ bezeichnet. Es fand neben der Auswertung der Fragebögen eine Studie der elektronischen Patientenakten zur Erfassung des peri- und postoperativen Verlaufes statt.

Insgesamt stellte sich der Rücklauf an beantworteten Fragebögen als unbefriedigend dar. Neben dem Anteil an nach unbekannt verzogener Patienten, die schlichtweg nicht erreichbar waren, könnte ein mangelndes Interesse nach erfolgreich abgeschlossener Therapie und der teils lange Zeitraum zwischen der letzten Vorstellung in Jena und dem Eintreffen der Fragebögen eine Rolle gespielt haben. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass eine Teilnahme sämtlicher eingeladenen Trichterbrustpatienten einen Einfluss auf das Ergebnis der Untersuchung und die Verteilung der Antwortmöglichkeiten genommen hätte.

Durch das retrospektive Design des Befragungsanteiles war die Auswahl der Patienten limitiert und mussten gewissen Abweichungen in der Altersverteilung in Kauf genommen werden. Dies wurde später im Rahmen der statistischen Analyse ebenso berücksichtigt, wie die kleinen Untersuchungsgruppen mit stellenweise stärkerer Streuung der Antwortverteilung. Eine Verzerrung der Ergebnisse diesbezüglich sollte also eher vernachlässigbar sein.

4.1.3 Übersicht

Tab. 2: Übersicht Gruppeneinteilung

Patientengruppe	Zeitraum	Zusammensetzung	Material
„Gruppe 1“	August 2009 – Juli 2011	Trichterbrustpatienten mit dem initialen Wunsch zur Saugglockenbehandlung	- körperliche Vermessung (n=38) - nur Spirometrie (n=5) - Spirometrie & Bodyplethysmographie (n=20) - SF 36 (n=22)
„Gruppe 1a“	August 2009 – Juli 2011	Trichterbrustpatienten aus „Gruppe 1“ mit Entscheidung zur Saugglockentherapie und Einschluss in die Anwendungsbeobachtung	- körperliche Vermessung (n=12) - nur Spirometrie (n=3) - Spirometrie & Bodyplethysmographie (n=9) - SF 36 (n=5) - Therapiefragebogen (n=12)
„Gruppe 2“	Februar 2003 – August 2009	Trichterbrustpatienten nach Saugglockenbehandlung mit Teilnahme an der retrospektiven Befragung	- Therapiefragebogen (n=16) - SF 36 (n=16)
„Gruppe 3“	Februar 2003 – Juli 2011	Trichterbrustpatienten nach Nuss-Operation mit Teilnahme an der retrospektiven Befragung	- Therapiefragebogen (n=18) - SF 36 (n=16)

4.2 Methoden der Datenerfassung und –auswertung

4.2.1 Vermessung

Neben der Aufnahme von Körpergröße und Gewicht erfolgte bei allen Patienten aus „Gruppe 1“ durch stets denselben Untersucher die externe Vermessung des Brustkorbes. Auf die Anfertigung von Röntgenaufnahmen des Thorax wurde bewusst verzichtet. Diese sind begründeter Weise fester Bestandteil der präoperativen Diagnostik, jedoch vor Beginn einer Saugglockentherapie nicht zwingend indiziert. Entsprechend wurde zur Vermeidung einer unnötigen Strahlenbelastung allein auf die manuelle Vermessung zurück gegriffen (Abb.3).

Da diese trotz höchster Sorgfalt und stets gleichem Untersucher vergleichsmäßig ungenauer und anfälliger für Fehler ist, kamen drei verschiedene Methoden zum Einsatz.

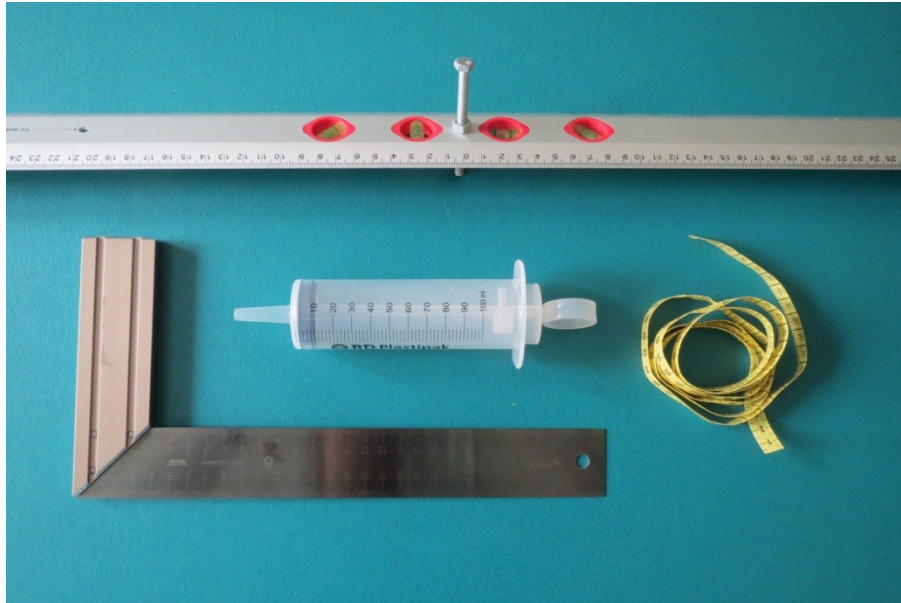


Abb. 3: Utensilien zur Bestimmung der Trichtertiefe und des Trichtervolumens

4.2.1.1 Trichtertiefe

Zur Erfassung der Trichtertiefe erfolgte die Vermessung der liegenden Patienten in tiefer Inspiration mittels eines eigens angefertigten Lineals. Hierfür wurde im Vorfeld in eine handelsübliche Wasserwaage mittig im rechten Winkel eine Schraube eingelassen, welche durch Drehbewegungen Richtung Patiententhorax bewegt werden kann. Das Lineal wurde über dem tiefsten Punkt des Trichters platziert, der Patient zur Inspiration aufgefordert und die Schraube so lange gedreht, bis diese die Haut berührte. Im Anschluss wurde die Länge des heraus gedrehten Schraubenanteiles abgemessen. Die Wahl dieser Methode erfolgte in Anlehnung an die Erfassung des anthropometrischen Index.

4.2.1.2 Anthropometrischer Index

Der anthropometrische Index (ap-Index) wurde erstmals 2007 von Rebeis et al. als objektives Messinstrument zur Bestimmung der Ausprägung einer Trichterbrust publiziert (Rebeis et al. 2007). Bei zwanzig Trichterbrustpatienten erfolgten eine prä- und postoperative Vermessung des Brustkorbes und der Vergleich der Ergebnisse mit dreißig gesunden Probanden. Als cut-off-Wert, also Trennlinie zwischen Trichterbrust und normaler Thoraxform, wurde mit einer Sensitivität von 80% und Spezifität von 100% ein ap-Index von 0,12 cm/cm festgelegt. Ein höherer Werte bedeutet hierbei eine stärkere Ausprägung der Trichterbrust, ein kleinerer einen milderen Befund. In der Gegenüberstellung mit anderen Methoden zur Objektivierung

einer Trichterbrust zeigte sich eine hohe Korrelation zum Haller-Index und anderen häufig angewandten Parametern. Anders als beim Haller-Index kann bei der Ermittlung des anthropometrischen Index jedoch auf ein Röntgenbild des Thorax verzichtet werden.

Beide Parameter zeigten in der Studie von Rebeis et al. signifikante Veränderungen zwischen dem prä- und postoperativen Befund, sowie eine postoperative Annäherung an die Ergebnisse der gesunden Vergleichsgruppe. Dies wurde auch in einer zweiten Untersuchung von Brigato et al. 2008 bestätigt (Brigato et al. 2008). Als Resultat der Studien wurde der anthropometrische Index als ein einfach anwendbares, objektives Messinstrument zur Erleichterung des prä- und postoperativen Befundvergleiches und Alternative zum Haller-Index vorgestellt. Laut den Autoren besteht ein weiterer Vorteil, neben der ausbleibenden Strahlenbelastung, in der verstärkten Berücksichtigung der Weichteilkomponente und äußeren Form des Brustkorbes. Der Haller-Index zum Beispiel bezieht sich allein auf die knöcherne Konfiguration des Brustkorbes im Röntgen-Thorax und geht nicht auf subkutanes Fettgewebe und Muskelmasse ein. Zur Ermittlung des Indexes wurde also zunächst, wie bereits beschrieben, die Trichtertiefe ermittelt. Im nächsten Schritt erfolgte die Vermessung des maximalen anteroposterioren Brustwandabstandes bei weiterhin liegendem Patienten in tiefer Inspiration mit über dem Kopf verschränkten Armen. Hierzu wurde ein stabiler Winkel an das noch auf dem Brustkorb liegende Lineal heran geführt und der Abstand zwischen dorsalem Brustkorb und liegendem Lineal, bzw. größter Erhebung des ventralen Thorax über dem tiefsten Punkt des Trichters, erfasst.

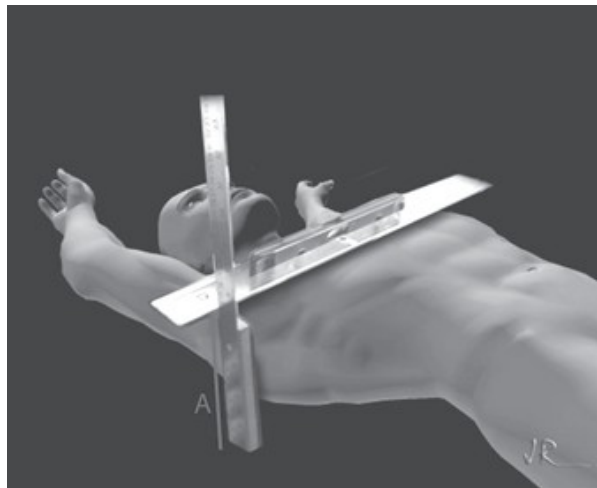


Abb. 4: Bestimmung des anthropometrischen Index (aus: Rebeis et al. 2007)

Im Anschluss wurden Trichtertiefe und maximaler anteroposteriorer Thoraxabstand zueinander ins Verhältnis gesetzt.

$$ap\text{-Index} = \text{anteroposteriorer Abstand [cm]} / \text{Trichtertiefe [cm]}$$

Auf die Kontrolle mit einer gesunden Probandengruppe konnte verzichtet werden, da die Ermittlung des Index primär dem Vorher-Nachher-Vergleich des einzelnen Patienten diente und nur orientierend zur Beurteilung des Schweregrades zum Einsatz kam.

4.2.1.3 Trichtervolumen

Um neben Trichtertiefe und äußerer Beschaffenheit Aussagen zum gesamten Trichtervolumen treffen zu können, wurde dieses über die Instillation von Flüssigkeit ermittelt. Bei mit leicht erhöhtem Oberkörper liegendem Patienten wurde langsam, bis zum Übertreten der Flüssigkeit, Wasser in den Trichter geträufelt. Da hierfür eine skalierte 50 ml Spritze zum Einsatz kam, konnte im Anschluss eine konkrete Aussage über die verwendete Flüssigkeitsmenge getroffen werden.

4.2.1.4 Statistische Auswertung

Im Anschluss an die Vermessung wurden die Ergebnisse der Trichtertiefe, des ap-Index und des Trichtervolumen mittels Mittelwert (Mw), Standardabweichung (SD), Median (M) sowie Minimum und Maximum (Min-Max) vor und nach Saugglockentherapie beschrieben. Zusätzlich erfolgte die Darstellung der Differenz der Messwerte zwischen Erstvorstellung und erneuter Vermessung. Ein negativer Werte bedeutete hierbei ein Verminderung des Merkmales, ein positiver Wert eine Zunahme.

Mit dem Wilcoxon Rangsummentestes für abhängige Stichproben wurde getestet, ob sich die einzelnen Vermessungsergebnisse zu den beiden Untersuchungszeitpunkten voneinander unterschieden. Dieser nicht parametrische Test setzt voraus, dass die Differenz der Messwerte symmetrisch verteilt ist, macht jedoch keine weitere Annahme über die Verteilung der Daten. Somit ist dieses Verfahren, hingegen zu parametrischen Tests wie dem t-Test für abhängige Stichproben, robust gegenüber Ausreißern. Es resultierte ein Wahrscheinlichkeitswert (p-Wert). Ein signifikanter Unterschied bestand dann, wenn der p-Wert kleiner als das gewählte Signifikanzniveau ($p \leq 0,05$) war.

4.2.2 Lungenfunktionsprüfung

Zur objektiven Beurteilung des Einflusses der Saugglockentherapie auf die Lungenfunktion wurden alle Teilnehmer der Anwendungsbeobachtung vor Therapie und nach ca. 8 Monaten

Behandlung einer Spirometrie mit Bodyplethysmografie zugeführt. Wie bereits unter 4.2.1 beschrieben, wurde aus organisatorischen Gründen bei einem kleinen Teil der Patienten nur eine Spirometrie durchgeführt. Die Auswertung der Ergebnisse konzentrierte sich daher, zur Gewährleistung einer ausreichenden Vergleichbarkeit, auf die ausschließlich in Jena untersuchten Patienten. Die Diagnostik wurde in der Ambulanz für pädiatrische Pneumologie der Kinderklinik des Universitätsklinikums durch eine ausgebildete Funktionsschwester durchgeführt.

Ziel war es, einzelne Lungenfunktionsparameter vor und nach Saugglockentherapie zu vergleichen und die Patienten einem gewissen Ventilationsmuster zuzuordnen. Orientierend an der aktuellen Studienlage wurden vordergründig Vitalkapazität (VC), forciertes expiratorisches Volumen innerhalb einer Sekunde (FEV1), relative Einsekundenkapazität (FEV1/VC), maximaler expiratorischer Fluss bei 25% (MEF 25) und die totale Lungenkapazität (TLC) betrachtet.

4.2.2.1 Spirometrie

Die Spirometrie ist eines der gebräuchlichsten Verfahren in der Lungenfunktionsdiagnostik und dient der Erfassung von Lungenvolumina und Atemflussgeschwindigkeiten (Miller et al. 2005).

Über elektronische Sensoren werden Druckveränderungen und Strömungswiderstände registriert, die Atemstromstärke ermittelt sowie verschiedene Atemvolumina berechnet. Der Patient atmet hierzu durch ein spezielles Mundstück mit integriertem Sensor, welcher den Atemfluss registriert. Die Atemvolumina werden dann rechnerisch über eine spezielle Software ermittelt und die erfassten Werte auf BTPS-Bedingungen (body temperature pressure saturated) normiert. Des Weiteren erfolgte neben der Angabe des tatsächlichen Wertes in der jeweiligen Einheit eine Berechnung des erreichten Prozentsatzes im Vergleich zu einer alters-, größen- und geschlechtsangepassten Referenz.

Eine Aussage ist somit nur über die „mobilisierbaren“ Atemvolumina möglich, die durch maximale In- und Expiration bewegt werden können.

Da die Ergebnisse der Lungenfunktionsprüfung stark mitarbeitsabhängig sind, wurden die Untersuchungen stets von einem sehr erfahrenen Untersucher durchgeführt und gegebenenfalls mehrfach wiederholt. Das jeweils beste Ergebnis wurde in die spätere Auswertung einbezogen.

Folgende Werte aus der Gesamtheit der Untersuchungsergebnisse wurden genauer betrachtet:

Tab. 3: Lungenfunktionsparameter Teil 1 (Spirometrie)

Parameter	Symbol	Definition	Einheit
Inspiratorische Vitalkapazität	IVC	= maximales Atemvolumen, das nach kompletter Expiration eingeatmet werden kann	[L]
Absolute Einsekundenkapazität	FEV1	= maximales Atemvolumen, das nach kompletter Inspiration bei forcierter Expiration innerhalb einer Sekunde ausgeatmet werden kann	[L]
Relative Einsekundenkapazität	FEV1/ IVC	= forciertes expiratorisches Volumen in einer Sekunde in Prozent von der inspiratorischen Vitalkapazität	[%]
Maximaler expiratorischer Fluss bei 25%	MEF 25	= maximaler Ausatemfluss bei 25% der noch verbleibenden forcierten Vitalkapazität bei Expiration (forcierte Vitalkapazität (FVC) = maximales Volumen das nach kompletter Inspiration ausgeatmet werden kann)	[%]

Anhand dieser Atemvolumina sind eine orientierende Beurteilung der Atmung sowie die Einteilung hinsichtlich obstruktiver und restriktiver Ventilationsstörungen möglich. Unter obstruktiven Ventilationsstörungen wird eine Erhöhung des Strömungswiderstandes bei der Ausatmung, mit Missverhältnis zwischen maximalem Expirationsfluss und dem gesamten Lungenvolumen, verstanden (FEV1/VC) (Pellegrino et al. 2005). Klassischerweise tritt dies beim Asthma bronchiale und der chronisch obstruktiven Bronchitis auf. Restriktive Ventilationsstörungen sind wiederum auf eine eingeschränkte Lungenausdehnung bei zumeist unauffälligen Atemflüssen zurück zuführen (Pellegrino et al. 2005). Sie kommen zum Beispiel nach Rippenverletzungen, im Rahmen einer Lungenfibrose oder sonstigen Thoraxdeformitäten vor.

4.2.2.2 Bodyplethysmografie

Ergänzend zur Spirometrie ermöglicht die Bodyplethysmografie die Erfassung des gesamten thorakalen Gasvolumens, des Atemwegwiderstandes und ist weniger mitarbeitsabhängig (C.-P. Criée 2009).

Der Patient befindet sich für die Untersuchung in einer weitestgehend luftdicht abgeschlossenen Kammer mit konstantem Gasvolumen und atmet durch ein Mundstück mit integriertem Drucksensor und Spirometer. Das Prinzip der Untersuchung beruht auf dem Boyle-Mariottschen-Gesetz, nach dem das Produkt aus Druck und Volumen bei gleichbleibender Temperatur immer konstant ist. Bei der In- und Expiration verändern sich die Druckverhältnisse in der Kammer. Durch das Einatmen nimmt das Gasvolumen der

Lunge, welches dem intrathorakalen Gasvolumen entspricht, zu. Der intrathorakale Druck steigt und der Umgebungsdruck in der Kammer fällt. Während der Ruheatmung wird der Atemstrom gegen den Kammerdruck über den Sensor im Mundstück erfasst und als Atemschleife aufgezeichnet. Aus der Atemschleife ergibt sich der spezifische Atemwegswiderstand, als Maß für die Arbeit, die der Patient zur Verschiebung der Atemvolumina aufbringen muss.

Zur Bestimmung des intrathorakalen Gasvolumens wird die Verschlussdruckmessung angewandt. Am Ende der normalen Ausatmung verschließt sich das Mundstück, durch das der Patient bisher geatmet hat. Der Atemstrom wird unterbrochen während der Patient weiter versucht einzuatmen, sodass die nun erfassten Druckveränderungen direkt den Druckverhältnissen in der Lunge entsprechen. Mit einer mathematischen Formel können anhand der so erfassten Werte und durch die mittels Spirometrie registrierten dynamischen Lungenvolumina, die totale Lungenkapazität (TLC) und das Residualvolumen (RV) berechnet werden (Tab.4). Die Kombination von Verschlussdruckmessung und Atemschleife ermöglicht außerdem die Ermittlung des totalen Atemwegswiderstandes, welcher der Kraft entspricht, die der Patient bei der Ein- und Ausatmung aufbringen muss und ein Maß für die Obstruktion der Atemwege ist. Eine erhöhte totale Lungenkapazität und ein erhöhtes Residualvolumen treten zum Beispiel bei einer Überblähung der Lunge im Rahmen einer schweren Obstruktion auf. Bei restriktiven Erkrankungen ist die totale Lungenkapazität erniedrigt. Das Residualvolumen kann dennoch erhöht sein, wie bei fibrosierenden Lungenerkrankungen. Auch bei einem Zwerchfelldiaphragma, wie er bei stark adipösen Patienten auftritt, kann es zu einer Erhöhung des Residualvolumens kommen.

Tab. 4: Lungenfunktionsparameter Teil 2 (Bodyplethysmografie)

Parameter	Symbol	Definition	Einheit
Totale Lungenkapazität	TLC	= gesamtes Lungenvolumen bei maximaler Inspiration, ergibt sich aus Vitalkapazität und Residualvolumen	[L]
Residualvolumen	RV	= Lungenvolumen, das nach maximaler Expiration im Thorax verbleibt und nicht bewegt werden kann, im Normalfall \approx 35% der TLC	[L]

4.2.2.3 Interpretation und statistische Auswertung

Im Rahmen der deskriptiven Statistik erfolgte zunächst für alle untersuchten Patienten aus „Gruppe 1“ die Erfassung von VC, FEV1, FEV1/%VC, MEF 25 und TLC in Prozent zur alters- und geschlechtsangepassten Norm und die Beschreibung von Mittelwert (Mw), Standardabweichung (SD), Median sowie Minimum und Maximum (Min-Max). Die Auswahl

dieser Parameter orientierte sich an der aktuellen Studienlage zur Lungenfunktionsprüfung bei Saugglockenpatienten. Für die Patienten aus „Gruppe 1a“ wurde dies separat für die Untersuchungsergebnisse vor und nach Saugglockenbehandlung durchgeführt und erneut die Vorher-Nachher-Differenz ermittelt. Im Anschluss kam erneut der Wilcoxon-Rangsummentest zur Anwendung. Ein signifikanter Unterschied bestand dann, wenn der p-Wert unterhalb oder auf dem Signifikanzniveau von 0,05 lag.

Des Weiteren erfolgte eine Einteilung der Ventilationsmuster nach den Richtlinien der ATS/ERS Task Force (American Thoracic Society/ European Respiratory Society) und aktueller Fachliteratur (Pellegrino et al. 2005, Haber 2013) (Tab.5). Ein restriktives Ventilationsmuster wurde durch eine TLC unter 85% und / oder durch eine reduzierte Vitalkapazität und forcierte Einsekundenkapazität von mindestens kleiner 80% der Norm in Kombination mit einer normal großen oder erhöhten relativen Einsekundenkapazität definiert. Ein gemischt restriktiv-obstruktives Muster lag bei leicht restriktiven Ventilationsparameter, reduzierten Flusswerten und einer positiven Bronchospasmolyse vor. Ein obstruktives Muster bestand bei einer relativen Einsekundenkapazität von unter 80% der prädiagnostischen Norm. Es sei darauf hingewiesen, dass diese Einteilung nicht explizit der Verleihung eines Krankheitswertes oder der Diagnosestellung diene, sondern der Zuordnung in ein bestimmtes Ventilationsmuster. Neben der Auswertung innerhalb dieser Untersuchung erfolgte zusätzlich eine fachärztliche Befundung der Diagnostik, sodass im Zweifelsfall keine schwerwiegenden pathologischen Ergebnisse hätten übersehen werden können.

Tab.5: Einteilung der Ventilationsmuster:

Ventilationsmuster	Definition
Restriktives Muster	TLC < 85% und / oder VC & FEV1 < 80% und FEV1/VC > 85%
Gemischtes Muster	restriktive Parameter mit Hinweisen auf periphere Obstruktion (MEF 25 < 70%) und positive Bronchospasmolyse
Obstruktives Muster	FEV1/VC < 80%

4.2.3 „Short Form 36 Health Survey Questionnaire“

Der „Short Form 36 Health Survey Questionnaire“, kurz SF 36, ist ein international vereinheitlichter, standardisierter Fragebogen zur Selbsteinschätzung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Er entstand im Rahmen der sogenannten „Medical Outcome Study“ der RAND Corporation, einer amerikanischen Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft, die sich seit den 1960er Jahren unter anderem mit verschiedenen

Aspekten der Gesundheit aus Sicht des Patienten beschäftigt. Ziel der „Medical Outcome Study“ war es den Einfluss von unterschiedlichen Versicherungssystemen, ärztlichen Behandlungsmethoden und Krankenhäusern auf das Behandlungsergebnis zu untersuchen und greifbare Messinstrumente zur Beurteilung des subjektiven Gesundheitsempfindens des Patienten zu entwickeln (Tarlov et al. 1989). Hierzu kam ein ursprünglich über 100 Items fassender Fragebogen zum Einsatz, welcher im Verlauf durch empirische Verfahren auf 36 repräsentative Fragen zum allgemeinen Gesundheitsempfinden reduziert werden konnte. Diese 36 Fragen werden mittlerweile in über 50 Ländern in Form des SF 36 angewandt.

Aufgrund dieses sehr breiten Einsatzgebietes und der sehr guten wissenschaftlichen Gütekriterien (befriedigende Reliabilität, hohe Validität und gute Sensitivität (Morfeld et al. 2012)) wurde der SF 36 in der hier vorliegenden Untersuchung zur Erfassung der subjektiven Lebensqualität eingesetzt.

4.2.3.1 Aufbau des Fragebogens

Nach kurzer Erläuterung zu Inhalt, Ziel und Anwendung des Fragebogens werden im SF 36 psychisches und körperliches Befinden sowie dessen Auswirkung auf soziale und alltagsrelevante Tätigkeiten bearbeitet. Die Antwortmöglichkeiten bestehen hierbei aus dichotomen Antworten, welche eine Entscheidung zwischen „ja“ und „nein“ fordern sowie skalierten Antworten mit drei bis sechs Ausprägungen (z.B. „ja, stark eingeschränkt“; „ja, etwas eingeschränkt“ und „nein, überhaupt nicht eingeschränkt“). Der Fragebogen kann von dem Patienten selbstständig ausgefüllt werden, wobei dieser jeweils die für ihn passendste Antwort markiert, oder er kann in Form eines Interviews bearbeitet werden. Die durchschnittliche Bearbeitungsdauer liegt bei 10 Minuten (Morfeld et al. 2012).

Bei der vorliegenden Untersuchung wurde der SF 36 den Patienten aus „Gruppe 2“ und „Gruppe 3“ postalisch übersandt, sodass die Bearbeitung selbstständig erfolgte. Im Fall von „Gruppe 1“ bzw. „Gruppe 1a“ erfolgte die Aushändigung des Fragebogens jeweils nach dem ersten Beratungsgespräch sowie zur Folgeuntersuchung. Das Ausfüllen des Bogens wurde allein durch den Patienten vorgenommen, wobei im Zweifelsfall Fragen möglich waren.

Die Antworten des SF 36 können nach Beantwortung acht Subskalen zugeordnet werden, welche acht verschiedene Dimensionen des allgemeinen Gesundheitsempfindens darstellen.

Diese lauten wie folgt:

- körperliche Funktionsfähigkeit (= Ausmaß, in dem die Ausführung mittelschwerer körperlicher Aktivitäten, wie z.B. Treppensteigen und Heben, durch den Gesundheitszustand beeinträchtigt sind)
 - körperliche Rollenfunktion (= Ausmaß, in dem der aktuelle Gesundheitszustand die Arbeit oder andere Aktivitäten des täglichen Lebens beeinträchtigt)
 - körperliche Schmerzen (= Ausmaß, körperlicher Schmerzen und deren Einfluss auf die Ausübung von bestimmten Tätigkeiten)
 - allgemeine Gesundheitswahrnehmung (= persönliche Beurteilung der Gesundheit, einschließlich aktueller Gesundheitszustand und zukünftige Erwartungen)
 - Vitalität (= persönliche Beurteilung der eigenen Vitalität, z.B. „müde und schlapp“ vs. „energiegeladen und voller Schwung“)
 - soziale Funktionsfähigkeit (= Ausmaß, in dem körperliche Gesundheit oder emotionale Probleme die Ausübung sozialer Tätigkeiten beeinträchtigen)
 - emotionale Rollenfunktion (= Ausmaß in dem emotionale Probleme die Arbeit oder andere alltägliche Aktivitäten beeinträchtigen)
 - psychisches Wohlbefinden (= persönliche Beurteilung der allgemeinen psychischen Gesundheit, allgemeine positive Stimmung vs. Angst und Depressionen)
- (Bullinger 1996)

Eine Zusatzfrage (Frage 2) bezieht sich auf die Veränderung der Lebensqualität im Vergleich zu der voran gegangenen Woche. Da dies für die hier vorgenommene Befragung nicht relevant war, wurde die Frage aus der weiteren Auswertung genommen.

4.2.3.2 Statistische Auswertung und Interpretation des Fragebogens

Um die Einteilung in die acht Dimensionen treffen zu können, ist jedes Item - also jede Antwort auf eine Frage - einer Subskala zugeordnet oder repräsentiert diese. So setzt sich zum Beispiel die Skala „Körperliche Funktionsfähigkeit“ aus zehn Items zusammen, die „Soziale Funktionsfähigkeit“ nur aus zwei Items. In der Auswertung werden die Items pro Skala addiert und unterschiedlich gewichtet, sodass sich acht Subskalenwerte ergeben.

Die Ergebnisse der Addition der Subskalenwerte werden dann mit Hilfe eines computerisierten Auswertungsprogrammes (in diesem Fall SPSS Datenanalyse-Programm, Standardversion 17.0) in Werte zwischen 0 und 100 transformiert, wobei ein niedriger Wert

einer schlechteren Gesundheit und ein hoher Wert einer besseren Gesundheit entsprechen (Bullinger 1998). Dies erfolgt nach folgender Formel:

$$\text{transformierte Skala} = \frac{(\text{tatsächlicher Rohwert} - \text{niedrigster möglicher Rohwert}) \times 100}{\text{mögliche Spannweite der Rohwerte}}$$

Des Weiteren ist eine Zusammenfassung der Subskalen möglich, aus der sich zwei Summationsscores ergeben, welche die körperliche und psychische Gesundheit im Gesamten reflektieren:

- Körperliche Summenskala
- Psychische Summenskala

Die transformierten Subskalenwerte sowie die Summationsscores wurden anschließend untereinander sowie mit einer Normstichprobe verglichen. Als Normstichprobe kamen hierbei die dem Fragebogen beigefügten bevölkerungsrepräsentativen Rohdaten einer altersangepassten gesunden Vergleichsgruppe zum Einsatz. Es wurden Mittelwert (Mw), Standardabweichung (SD), Median sowie Minimum und Maximum (Min-Max) jeweils für die entsprechende Altersgruppe ermittelt.

Die gewählte Alterseinteilung stellte sich dabei wie folgt dar:

- Altersgruppe: 14 – 21 Jahre
- Altersgruppe: 21 – 30 Jahre
- Altersgruppe: insgesamt

Da sich nur zwei Patienten in der Altersgruppe zwischen 31 – 40 Jahren befanden, wurden diese in der Auswertung nicht berücksichtigt.

Innerhalb jeder Altersgruppe erfolgte der Vergleich von:

- „Gruppe 1a“ nach Therapie/ „Gruppe 2“ mit „Gruppe 3“ (Saugglockenpatienten vs. operierte Patienten)
- „Gruppe 1a“ nach Therapie/ „Gruppe 2“ mit der Normstichprobe (Saugglockenpatienten vs. Norm)
- „Gruppe 3“ mit der Normstichprobe (operierte Patienten vs. Norm)

Des Weiteren wurde „Gruppe 1“ der Normstichprobe gegenübergestellt (nicht behandelte Trichterbrustpatienten vs. Norm) und „Gruppe 1a“ im Vorher-Nachher-Vergleich betrachtet (Trichterbrustpatienten vor vs. nach Saugglockentherapie).

Da hierbei zwei unabhängige Studiengruppen untereinander bzw. einzeln mit einer Normstichprobe verglichen wurden und die Streuung der einzelnen Skalen in den Gruppen zum Teil sehr variierte, kam der t-Test für zwei unabhängige Stichproben und ein robuster Varianzschätzer (Hubert-White-Schätzer) zur Anwendung.

4.2.4 Therapiefragebögen

4.2.4.1 Fragebogen zur Saugglockentherapie nach Klobe

Der Saugglockenfragebogen diente dem genaueren Überblick über Behandlungsdetails, potentielle Nebenwirkungen und die Zufriedenheit mit dem Therapieergebnis innerhalb der Saugglockenanwender. Neben einer kurzen Einleitung und Erläuterung des Fragebenaufbaus sowie der Erfassung von Alter, Geschlecht, Gewicht und Körpergröße erfolgte die Bearbeitung oben genannter Themen in elf Fragen. Die Antwortmöglichkeiten bestanden in Alternativantworten sowie einem ordinalen Skalenniveau (6 Abstufungen: „trifft voll zu“, „trifft zu“, „trifft eher zu“, „trifft eher nicht zu“, „trifft nicht zu“, „trifft überhaupt nicht zu“), wobei der Patient aufgefordert wurde die jeweils passendste Antwort zu kennzeichnen. Stellenweise waren persönliche Ergänzungen, Mehrfachnennungen und Antworten in Freitextform möglich.

Erfasst wurden unter anderem die genaue Anwendungshäufigkeit, Tragedauer und Behandlungsfrequenz der Saugglocke. Um anhand dieser Antworten eine Einteilung in häufige, regelmäßige und seltene Saugglockenanwender treffen zu können wurde ein Summationsscore angewandt. Hierfür erfolgte eine Punkteverteilung pro Antwortmöglichkeit, wobei eine längere oder häufigere Anwendung mit einer höheren Punktzahl bewertet wurde. Durch Addition der einzelnen Items ließ sich somit ein Summenwert von null bis sechs ermitteln, wobei eine Summe von 0-1 die Patienten als seltene Anwender, eine Summe von zwei bis vier als regelmäßige Anwender und die Summe fünf bis sechs als häufige Anwender kategorisierte.

Des Weiteren wurden die Patienten zu beobachteten Nebenwirkungen durch die Saugglocke und Einschränkungen im Alltag befragt. Der Zeitpunkt erster längerfristiger Therapieerfolge sollte benannt und die Therapiezufriedenheit sowie positive Veränderung der Trichterbrust bewertet werden. Die Frage nach der Tiefe des Trichters vor Therapiebeginn musste nachträglich aus der Auswertung ausgeschlossen werden, da nur ein kleiner Teil der Saugglockenanwender außerhalb von Gruppe 1a tatsächlich vor Therapie den Trichter vermessen hatte und auch in den Patientenakten aus dieser Zeit die Trichtertiefe nicht einheitlich erfasst war.

4.2.4.2 Fragebogen zur operativen Trichterbrustkorrektur nach Nuss

Um die Therapiezufriedenheit von Saugglockenanwendern und operierten Patienten nach der jeweiligen Behandlung vergleichen zu können wurde, in Anlehnung an den Saugglockenfragebogen, ein angepasster Fragebogen für die nach Nuss operierten Patienten erstellt. Neben kurzer Einleitung und Erläuterung des Fragebogaufbaus, Erfassung von Geschlecht, Alter, Gewicht und Größe folgten ebenfalls elf Fragen mit verschiedenen Antwortmöglichkeiten, welche zwischen Freitext-Antworten, Alternativantworten und Antwortskalen mit 6 Abstufungen zwischen „trifft voll zu“ und „trifft überhaupt nicht zu“ variierten.

Thematisiert wurden, ebenso wie in dem Saugglockenfragebogen, Beeinträchtigungen durch die Trichterbrust vor der Behandlung, eventuelle Verbesserungen nach der Therapie, Einschränkungen durch den Bügel im Alltag und generelle Nebenwirkungen durch das Implantat. Die Patienten konnten im Freitext die Gründe für die Entscheidung zur Operation notieren und wurden gebeten die ersten Tage mit dem stabilisierenden Metallbügel zu bewerten. Des Weiteren erfolgte die Erfassung der Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis, etwaiger positiver Veränderungen der Trichterbrust und mögliche erneute Verschlechterung des Befundes nach Entfernung des Bügels.

Auch hier wurde die Frage der Trichtertiefe vor Therapiebeginn nachträglich aus der Auswertung des Fragebogens ausgeschlossen, da keine einheitlichen Angaben erhoben werden konnten. Initial zielte diese Frage darauf ab eine Korrelation zwischen Ausprägung der Trichterbrust und einem bestimmten Antwortverhalten zu ermitteln sowie objektivere Befunde zu dem Zustand vor Behandlung zu erfassen. Leider konnte hierauf nur für die Patienten der Anwendungsbeobachtung eingegangen werden.

Rückblickend zeigten sich weitere kleinere Defizite im Design der selbst erstellten Fragebögen. So führte zum Beispiel die Formulierung „Würden Sie sich noch einmal operieren lassen?“ zu widersprüchlichen Antworten und konnte ebenfalls nicht weiter berücksichtigt werden. Auch wäre es im Nachhinein wünschenswert gewesen, in den Behandlungsfragebögen insbesondere bei den jüngeren Patienten stärker auf die emotionale Beeinträchtigung durch die Trichterbrust einzugehen bzw. zusätzlich einen Fragebogen zur Lebensqualität in dieser Altersgruppe anzuwenden.

4.2.4.3 Vergleich und statistische Auswertung

Nach Zusammenfassung der Gruppen 1a und 2 zum Kollektiv der Saugglockenanwender (im weiteren Verlauf als Gruppe 1a/2 bezeichnet) wurden die Antworten zu folgenden Fragen gegenüber gestellt:

- „Haben Sie vor der Therapie körperliche Einschränkungen durch die Trichterbrust erfahren?“
- „Haben sich vorherige Beeinträchtigungen verbessert?“
- „Wie haben Sie die Therapie insgesamt empfunden?“
- „Hat Sie die Saugglocke/ der Bügel stark im Alltag eingeschränkt?“
- „Hat sich die Tiefe Ihrer Trichterbrust zum Positiven verändert?“
- „Sind Sie mit Ihrem Ergebnis zufrieden?“

Anhand statistischer Tests erfolgte die Überprüfung auf signifikante Unterschiede im Antwortverhalten der Gruppe der operierten und der konservativ behandelten Patienten. Da die Altersverteilung in den beiden Gruppen unterschiedlich war, wurde für das Alter der Patienten „kontrolliert“, also gleichzeitig der Einfluss der Gruppe und des Alters der Patienten auf die Antwort berücksichtigt und Letzteres heraus gerechnet. Hierzu fand eine Zuordnung der Patienten in ihrer jeweiligen Gruppe zu den Kategorien der 14- bis 20-Jährigen und 21-bis 40-Jährigen statt.

Zu der Frage nach körperlichen Einschränkungen vor Therapiebeginn, bei der die Patienten von einer Auswahl möglicher Symptome zutreffende Beeinträchtigungen ankreuzen konnten, erfolgte der Vergleich anhand einer logistischen Regression mit separater Betrachtung jedes einzelnen Merkmals. Bei den übrigen Fragen, die ein ordinales Skalenniveau zeigten, wurde eine ordered probit Regression benutzt. Bei den statistischen Tests resultierte ein p-Wert. War dieser kleiner als das gewählte Signifikanzniveau ($p \leq 0,05$) bestand ein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe 1a/2 und Gruppe 3.

Bei einzelnen Fragen wurden die Antwortmöglichkeiten zur Vereinfachung der Darstellung des Ergebnisses und aufgrund der geringen Fallzahlen dichotomisiert, also zu den Kategorien „trifft zu“ und „trifft nicht zu“ zusammengefasst. Dies erfolgte ohne Berücksichtigung des Alters. Mit dem exakten Fisher-Test konnte dann ebenfalls anhand des resultierenden p-Wertes getestet werden, ob eine Abhängigkeit zwischen Gruppe 1a/2 und 3 in der Verteilung auf die Antwortmöglichkeiten bestand.

5. Ergebnisse

5.1 Zustand vor Therapie: Demografische Daten, Behandlungsdetails, Therapieempfinden

5.1.1 Saugglockenanwender

5.1.1.1 Patienten der Anwendungsbeobachtung

Das Alter der Patienten aus „Gruppe 1“ variierte zwischen 4 und 46 Jahren und lag im Mittel bei 15,5 Jahren (Tab.6). 74 % waren männlichen und 26% weiblichen Geschlechts. Vier der männlichen Patienten wiesen eine positive Familienanamnese zur Trichterbrust auf und zwei waren miteinander verwandt (Brüder). Ein Patient litt unter einer in den ersten Lebenstagen operierten konnatalen Zwerchfellhernie, sonst bestanden keine relevanten Vorerkrankungen. Die Entscheidung zur Behandlung fiel durchweg aus primär kosmetischen Gründen. Bei einer Patientin wurde im Vorfeld eine Nuss-Operation durchgeführt, jedoch musste der Bügel aufgrund von Komplikationen nach kurzer Zeit entfernt werden.

Tab. 6: „Gruppe 1“: Geschlecht, Alter, Gewicht und Körpergröße zur Erstuntersuchung

		Mw	SD	Median	Min-Max
Alter [Jahre]	weiblich (n=10)	10,5	3,5	11,0	5,0-15,0
	männlich (n=28)	17,3	9,8	14,5	4,0-46,0
	insgesamt (n=38)	15,5	9,0	14	4,0-46,0
Gewicht [kg]	insgesamt (n=38)	53,4	20,6	52	16-83
Größe [cm]	insgesamt (n=38)	163,5	23	172	110-193

Die Mehrheit der untersuchten Patienten stammte aus Thüringen und Sachsen-Anhalt (66% und 12,5%), Interessenten stellten sich jedoch auch aus Sachsen, Baden-Württemberg und Hessen vor.

Die separat betrachteten tatsächlichen Saugglockenanwender, also „Gruppe 1a“, zeigte ein Durchschnittsalter von 12 Jahren und ebenfalls überwiegend ein männliches Geschlecht (75% männliche vs. 25% weibliche Patienten, Tab.7). Die Jugendlichen waren sehr schlank und von asthenischem Körperbau. Der BMI lag im Mittel bei 17,1 kg/m² zur Erstuntersuchung und 17,6 kg/m² zum Folgetermin, mit einer Spannbreite von 11,9 bis 23,1 kg/m². Zwischen initialer Vorstellung und erneuter Untersuchung lagen im Mittel acht Monate, mindestens sechs und maximal 12 Monate.

Tab. 7: „Gruppe 1a“: Geschlecht, Alter, Gewicht, Körpergröße und Beobachtungszeitraum

		Mw	SD	Median	Min-Max
Alter [Jahre]	weiblich (n=3)	14,0	1,7	15,0	12,0-15,0
	männlich (n=9)	11,4	4,0	13,0	5,0-16,0
	insgesamt (n=12)	12,1	3,7	13,5	5,0-16,0
Gewicht [kg]	vorher: insgesamt (n=12)	44,4	15,2	45,8	16,0-63,0
	nachher: insgesamt (n=12)	47,8	15,9	50,8	18,3-71,9
Größe [cm]	vorher: insgesamt (n=12)	157,9	23,0	167,4	110,0-180,0
	nachher: insgesamt (n=12)	161,0	21,5	170,3	116,0-181,6
BMI [kg/m ²]	vorher: insgesamt (n=12)	17,1	2,2	17	13,2-20,7
	nachher: insgesamt (n=12)	17,7	2,7	17,6	11,9-23,1
Beobachtungszeitraum [Monate]	insgesamt (n=12)	8,2	1,8	7,5	6 - 12

Anhand des selbst erstellten Saugglockenfragebogens wurden körperliche Einschränkungen durch die Trichterbrust vor Beginn der Therapie erfragt. Unter der Möglichkeit von Mehrfachnennungen waren die Patienten aufgefordert zutreffende Symptome anzukreuzen oder im Freitext zu benennen. Hierbei zeigte sich, dass 75% der Patienten aus „Gruppe 1a“ vor Beginn der Saugglockentherapie unter keinerlei körperlichen Beeinträchtigungen litten (Abb.5). Zwei Patienten gaben Atemnot an, ebenso viele eine verminderte Belastbarkeit und jeweils ein Patient eine schnellere Ermüdbarkeit und Schmerzen.

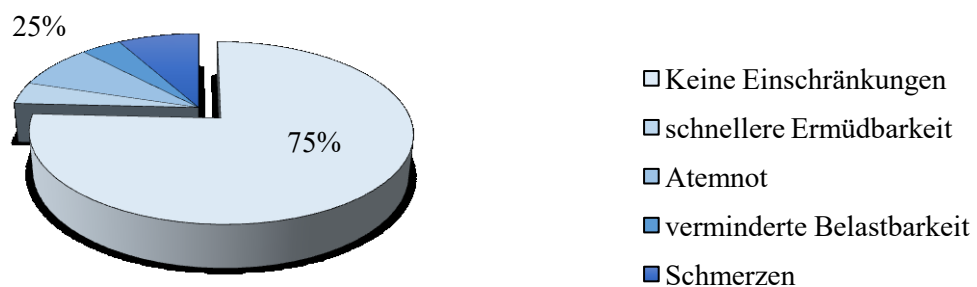


Abb. 5: Gruppe 1a: Haben Sie vor Ihrer Therapie körperliche Einschränkungen durch die Trichterbrust erfahren*?

* Mehrfachnennungen möglich

Des Weiteren wurde der Grund für die Entscheidung zur Saugglockentherapie erfragt. Die absolute Mehrheit der Patienten (92%) entschied sich für die Saugglocke um einen invasiven Eingriff zu vermeiden, da sie die Risiken einer Operation fürchteten. Eine Patientin entschloss sich nach Nuss-Operation mit vorzeitiger Bügel-Entfernung und weiterhin unbefriedigendem kosmetischen Ergebnis zur konservativen Weiterbehandlung.

Zusätzlich zur Saugglockentherapie nahmen 67% der Patienten regelmäßig an sportlichen Betätigungen teil und wurden 33% physiotherapeutisch behandelt.

5.1.1.2 Patienten der retrospektiven Befragung nach Saugglockentherapie

Nach Sichtung der elektronischen Patientenakten ergab sich für sämtliche in Jena behandelte Saugglockenpatienten zwischen Anfang 2003 und Sommer 2009 zum Zeitpunkt der Erstvorstellung ein mittleres Alter von 16 Jahren (Tab.8). Mit 94% war der Großteil der Patienten auch hier männlichen Geschlechtes. 38 Saugglockenanwender stammten aus Thüringen, die weiteren 25 Patienten vor allem aus Sachsen, Sachsen-Anhalt und Niedersachsen. Zwei der Anwender waren miteinander verwandt (Brüder). Drei der männlichen Patienten litten unter einer leichten Skoliose und ein Patient unter Asthma. Weitere für die Therapie relevante Vorerkrankungen bestanden nicht.

Tab. 8: Saugglockenanwender retrospektive Befragung: Alter und Geschlecht

		Mw	SD	Median	Min-Max
Alter zur	weiblich (n=4)	10,8	1,5	10,0	10,0-13,0
Erstuntersuchung	männlich (n=59)	16,7	7,4	16,0	4,0-37,0
[Jahre]	insgesamt (n=63)	16,4	7,3	15,0	4,0-37,0
Alter zum	weiblich (n=4)	15,8	1,7	15,5	14,0-18,0
Befragungszeitpunkt	männlich (n=59)	21,4	7,3	21,0	6,0-43,0
[Jahre]	insgesamt (n=63)	21,0	7,3	20,0	6,0-43,0

Das durchschnittliche Alter der Patienten in „Gruppe 2“ befand sich zu Behandlungsbeginn bei 16 Jahren (min. 9 Jahre, max. 28 Jahre), zum Befragungszeitpunkt bei 20 Jahren (Tab.9). Nur eine weibliche Patientin befand sich neben 15 männlichen Anwendern in der Recall-Gruppe. Auch diese Gruppe der Saugglockenanwender zeigte einen überwiegend schlanken Körperbau, mit einem mittleren BMI von 21,5 kg/m² zum Befragungszeitpunkt.

Tab. 9: „Gruppe 2“: Geschlecht, Alter, Gewicht und Körpergröße zum Befragungszeitpunkt

		Mw	SD	Median	Min-Max
Alter zur	weiblich (n=1)	10			
Erstuntersuchung	männlich (n=15)	16	5,4	14	9,0-28,0
[Jahre]	insgesamt (n=16)	15,6	5,4	14	9,0-28,0
Alter zum	weiblich (n=1)	14			
Befragungszeitpunkt	männlich (n=15)	20,8	5,4	19,0	15,0-33,0
[Jahre]	insgesamt (n=16)	20,4	5,3	19,0	14,0-33,0
Körpergröße zum	insgesamt (n=11)	183,1	8,6	186	168-196
Befragungszeitpunkt					
[cm]					
Körpergewicht zum	insgesamt (n=11)	72	9	72,6	48-81
Befragungszeitpunkt					
[kg]					
BMI zum Befragungs-	insgesamt (n=11)	21,5	2,2	21,4	17-24,7
zeitpunkt [kg/m ²]					

Anhand des bereits erwähnten Fragebogens wurde „Gruppe 2“ ebenfalls zu mit der Trichterbrust assoziierten körperlichen Beschwerden vor Therapiebeginn befragt. Auch hier gaben mehr als die Hälfte der Patienten keine subjektiven physischen Einschränkungen durch die Trichterbrust an (Abb.6). Drei Patienten litten im Vorfeld unter Atemnot und jeweils ein Patient unter schnellerer Ermüdbarkeit und verminderter Belastbarkeit. Drei weitere Patienten äußerten sich über die Antwortmöglichkeit „sonstiges“ im Freitext. So beklagte ein männlicher Patient ein „Enge-Gefühl“ in der Brust, welches er auf die Trichterbrust zurück führte, eine Patientin nutzte die Gelegenheit den seelischen Leidensdruck durch die optische Beeinträchtigung zu betonen und ein anderer Patient benannte eine gelegentliche Atemnot bei zusätzlich bestehendem Asthma bronchiale.

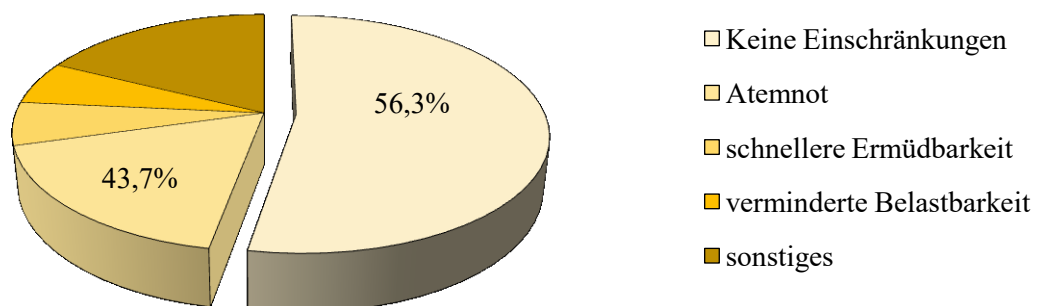


Abb. 6: „Gruppe 2“: Haben Sie vor Ihrer Therapie körperliche Einschränkungen durch die Trichterbrust erfahren*?

* Mehrfachnennungen möglich

Sämtliche Patienten der „Gruppe 2“ entschieden sich, auf die Frage nach dem Grund für die Entscheidung zur Saugglocke antwortend, für diese Methode um eine Operation mit den entsprechenden Risiken zu umgehen.

Neben der Saugglockentherapie übten 81 % der Patienten regelmäßig eine Sportart aus und es wurden 25 % physiotherapeutisch behandelt.

5.1.1.3 Anwendungsdetails zur Saugglockentherapie

Zwei wesentliche Aspekte des selbst erstellten Saugglockenfragebogens zielten auf konkrete Angaben zur alltäglichen Anwendung der Saugglocke und mögliche Nebenwirkungen durch die Therapie ab. Da sowohl bei den Patienten aus „Gruppe 1a“ als auch bei den Patienten aus „Gruppe 2“ der gleiche Fragebogen zum Einsatz kam, wurden die Ergebnisse dieses Teiles

der Befragung und des Abschnitts zur generellen Therapiezufriedenheit gemeinsam für beide Gruppen ausgewertet.

5.1.1.3.1 Anwendungshäufigkeit und Zeitpunkt erster Erfolge

Es bestätigte sich, dass die Mehrzahl der Patienten beider Gruppen die Saugglocke täglich anwendeten (91,67% in „Gruppe 1a“, 50% in „Gruppe 2“). Bei zwei Patienten aus „Gruppe 1a“ und einem Patienten aus „Gruppe 2“ wurde die Saugglocke über mehr als zwei Stunden getragen, zumeist kam sie jedoch über 1-2 Stunden (41,67 % „Gruppe 1a“, 68,7% „Gruppe 2“) oder sogar für weniger als eine Stunde pro Tag zum Einsatz (41,67% „Gruppe 1a“ vs. 25% „Gruppe 2“). Sämtliche Patienten aus „Gruppe 1a“ hatten die Saugglocke zum Befragungszeitpunkt über einen Zeitraum von mindestens sechs Monaten angewendet. Bei den Patienten aus „Gruppe 2“ wurde die Therapie mehrheitlich bereits über mehr als zwei Jahre durchgeführt (81,25%).

Durch die Anwendung des Summationsscores, welcher bereits unter 4.3.4.1 erläutert wurde, ergab sich, dass 75% der Patienten aus „Gruppe 1a“ als „regelmäßige Anwender“ und 16,67% als „häufige Anwender“ einzustufen waren (Tab. 10). Ähnlich verhielt es sich auch in „Gruppe 2“. Hier konnten 56,25% der Patienten als „regelmäßige Anwender“ kategorisiert werden und 37,5% als „häufige Anwender“. Unter „seltene Anwender“ wurde pro Gruppe je ein Patient eingestuft.

Tab. 10: Anwendungshäufigkeit Saugglocke

	Gruppe 1a (n=12)	Gruppe 2a (n=16)
seltene Anwender	1 (8,34%)	1 (6,25%)
regelmäßige Anwender	9 (75%)	9 (56,25%)
häufiger Anwender	2 (16,67)	6 (37,5%)

Überwiegend konnten die Patienten bereits nach weniger als sechs Monaten Saugglockenanwendung erste längerfristige Erfolge, wie eine vorrüber gehende Fixierung des Brustbeines in gehobener Position, feststellen („Gruppe 1a“: 75%, „Gruppe 2“: 37,5%). Bei vier Patienten aus Gruppe 2 nahm dies einen Zeitraum von über 6 Monaten in Anspruch und bei weiteren vier Patienten aus dieser Gruppe konnten subjektiv erst nach mindestens einem Jahr Therapie solche Veränderungen beobachtet werden. Je zwei Patienten aus beiden Gruppen gaben zum Befragungszeitpunkt an keine langfristigen Erfolge erzielt zu haben.

5.1.1.3.2 Nebenwirkungen und Therapieempfinden

Im nächsten Schritt wurden die Alltagskompatibilität und Anwendbarkeit der Saugglocke sowie potentielle Nebenwirkungen durch die Therapie betrachtet.

Um Ersteres zu bestimmen wurden die Patienten gebeten bei der Frage „Hat Sie die Saugglocke stark im Alltag eingeschränkt?“ auf einer Skala von „trifft voll zu“ bis „trifft überhaupt nicht zu“ eine Einstufung zu treffen. Zur Vereinfachung der Auswertung erfolgte im Anschluss eine Zusammenfassung der Ergebnisse in zwei Kategorien (Abb.7). Insgesamt zeigte sich sowohl in „Gruppe 1a“ als auch „Gruppe 2“ keine eindeutige Positionierung. Etwa 58% der Patienten aus „Gruppe 1a“ fühlten sich durch die Saugglocke im Alltag eingeschränkt. Hingegen fühlten sich in „Gruppe 2“ knapp 63 % der Patienten nicht oder nur sehr wenig belästigt. Auch in der detaillierten Aufschlüsselung der Antwortmöglichkeiten zeichnete sich keine klare Tendenz ab (Abb.8).

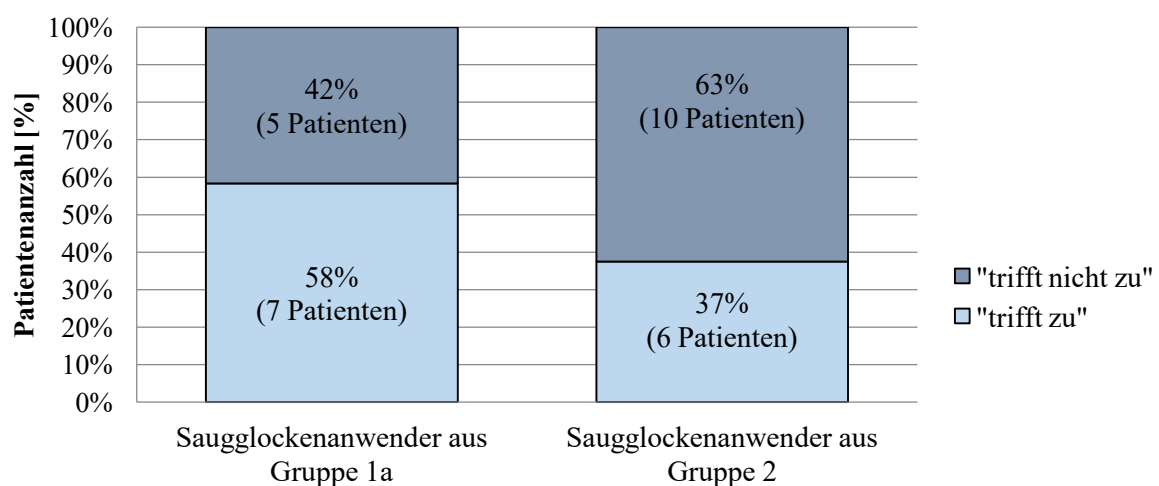


Abb. 7: Hat Sie die Saugglocke stark im Alltag eingeschränkt?

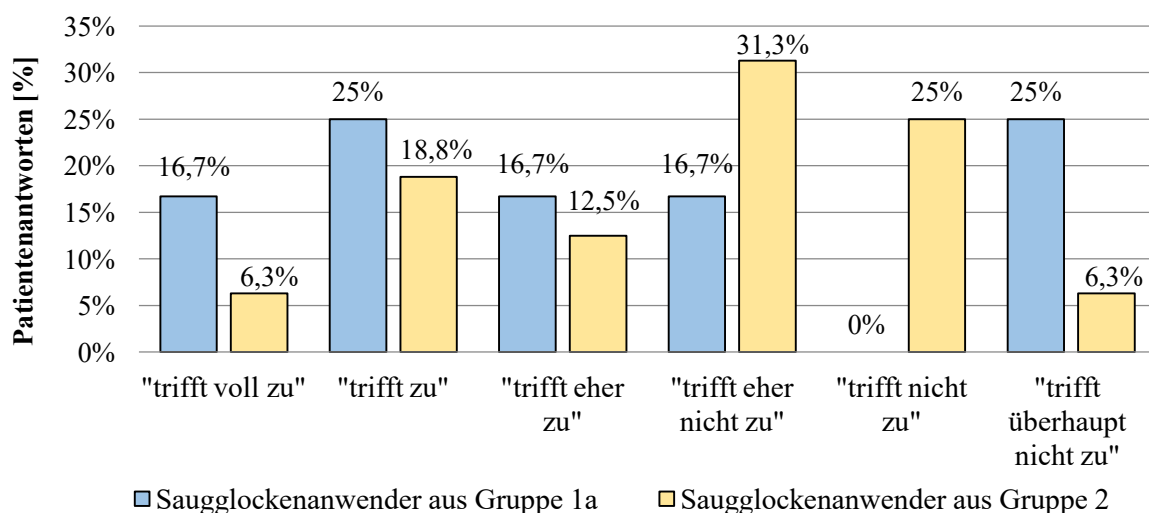


Abb. 8: Hat Sie die Saugglocke stark im Alltag eingeschränkt?

Einheitlich beobachtete die absolute Mehrzahl der Patienten in beiden Gruppen Nebenwirkungen durch die Therapie (83,3 % in „Gruppe 1a“ vs. 87,5% in „Gruppe 2“).

Am häufigsten wurden Hämatome, Druckgefühle und Schmerzen beschrieben (Abb. 9).

Neben den vorgegebenen Antwortmöglichkeiten wurden des Weiteren starke Hautrötungen mit oberflächigen Hautblutungen (2 x), die Bildung von flüssigkeitsgefüllten Blasen (3 x), Juckreiz (2 x), Schwellungen im Mamillenbereich (1 x) und muskuläre Verspannungen (1 x) angegeben (Abb.10-12).

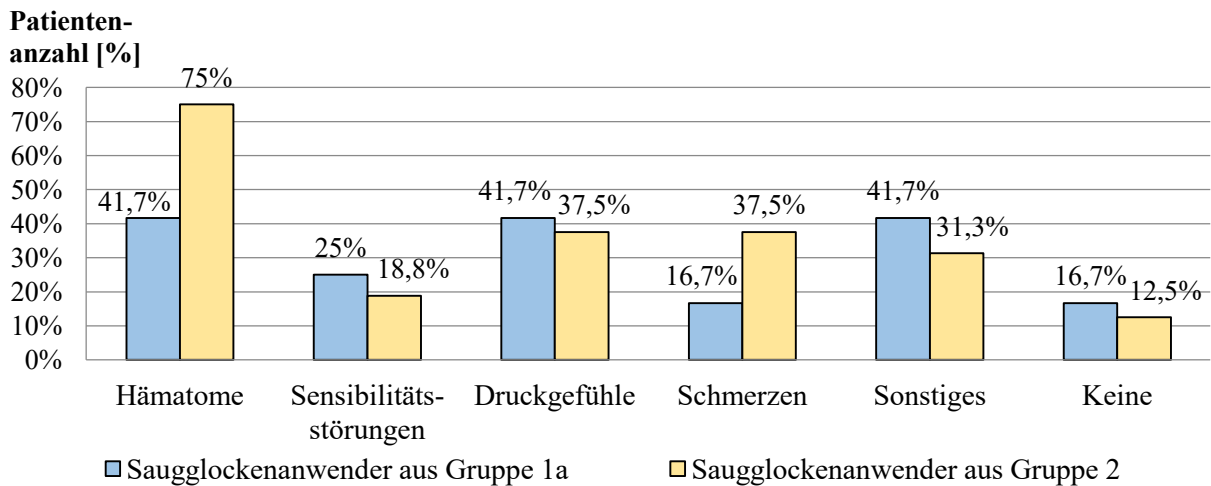


Abb. 9: Sind Nebenwirkungen durch die Therapie aufgetreten*?

* Mehrfachnennungen möglich



Abb. 10: Bildung flüssigkeitsgefüllter Blasen nach 6-stündiger Anwendung

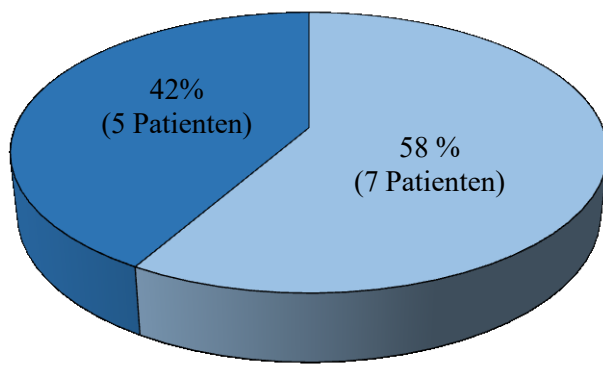


**Abb. 11: Hautrötung und Petechien
nach Saugglockenanwendung**



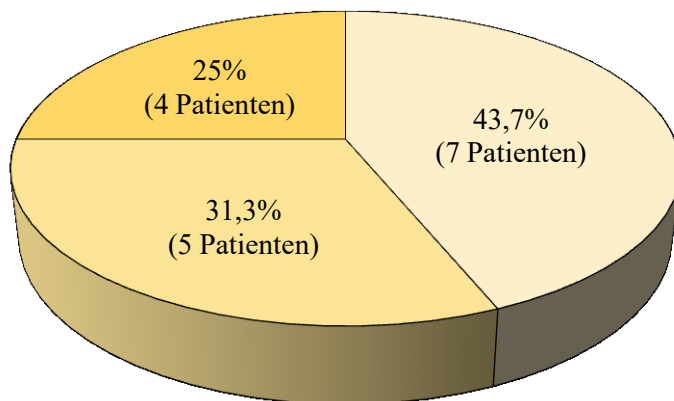
**Abb. 12: Verfärbung der Haut im
Saugglockenbereich**

Zum generellen Therapieempfinden befragt, empfanden es mehr als die Hälfte der Patienten aus „Gruppe 1a“ als angenehm selbst über Anwendungszeitpunkt, Dauer und Intensität der Therapie zu bestimmen (Abb.13). Für die anderen Anwender dieser Gruppe führten die fehlenden konkreten Therapiehinweise zu keinem wesentlichen Unterschied. Nur für vier Patienten aus „Gruppe 2“ wirkten die mangelnden Vorgaben verunsichernd, während die restlichen Patienten der Gruppe die flexiblen Angaben zu Tragezeit und Handhabung entweder als angenehm oder nicht relevant erlebten.



Saugglockenanwender Gruppe 1a

- Es war angenehm selbst über die Anwendungszeit und -dauer zu bestimmen.
- Es hat für mich keinen großen Unterschied gemacht.



Saugglockenanwender Gruppe 2

- Es war angenehm selbst über die Anwendungszeit und -dauer zu bestimmen.
- Es hat für mich keinen großen Unterschied gemacht.
- Es hat mich sehr verunsichert keine strikten Vorgaben zu haben.

Abb. 13 : Wie haben Sie es empfunden sich selbst zu therapieren?

5.1.2 Operierte Patienten

5.1.2.1 Patienten der retrospektiven Befragung nach Nuss-Operation

Bei den in Jena zwischen 2003 und 2011 operierten Trichterbrustpatienten ergab sich eine ähnliche Geschlechts- und Altersverteilung wie in den bereits zuvor beschriebenen Gruppen der Saugglockenanwender. Das Durchschnittsalter befand sich zum Zeitpunkt der Nuss-Operation bei knapp 17 Jahren (min. 13 Jahre, max. 23 Jahre) und zum Befragungszeitpunkt bei etwa 22 Jahren. Mit 87,5% waren die Meisten Patienten männlich.

Tab. 11: Geschlecht und Alter der operierten Trichterbrustpatienten zw. 2003 - 2011

		Mw	SD	Median	Min-Max
Alter zur	weiblich (n=5)	15,8	4	14	13-23
Nuss-Operation	männlich (n=35)	16,7	3,6	16	6-25
[Jahre]	insgesamt (n=40)	16,6	3,6	15	6-25
Alter zum	weiblich (n=5)	21,4	3,3	22	16-25
Befragungszeitpunkt	männlich (n=35)	21,5	3,4	22	13-29
[Jahre]	insgesamt (n=40)	21,5	3,4	22	13-29

Die Mehrheit der operierten Patienten waren zum Operationszeitpunkt in Thüringen oder Sachsen wohnhaft (62,5% und 25%).

In der separaten Betrachtung der Patienten aus „Gruppe 3“ zeigte sich ein Durchschnittsalter von 16 Jahren zum Zeitpunkt der Nuss-Operation und von 21 Jahren zum Befragungszeitpunkt (Tab.12). Sechzehn männliche Patienten und zwei Frauen nahmen an der Befragung teil. Die Patienten waren überwiegend sehr schlank und groß, bei einem mittleren BMI von 19,8 kg/m² zum Befragungszeitpunkt.

Unter sämtlichen operierten Patienten litt ein junger Mann unter einem Marfan-Syndrom und ein anderer unter einem unvollständigen Poland-Syndrom mit Einsenkung der rechten vorderen Thoraxwand, beide nahmen jedoch nicht an der Befragung teil. In „Gruppe 3“ lagen somit neben der Trichterbrust keine relevanten Vorerkrankungen vor.

Tab. 12: Gruppe 3: Geschlecht, Alter, Gewicht und Körpergröße

		Mw	SD	Median	Min-Max
Alter zur	weiblich (n=2)	14,5	0,7	14,5	14-15
Nuss - Operation	männlich (n=16)	16	4	15	6-24
[Jahre]	insgesamt (n=18)	15,8	3,7	15	6-24
Alter zum	weiblich (n=2)	22	0	22	22-22
Befragungszeitpunkt	männlich (n=16)	20,5	3,5	21,5	13-27
[Jahre]	insgesamt (n=18)	20,7	3,4	22	13-27
Körpergröße zum	insgesamt (n=18)	180,2	8,7	183	159-190
Befragungszeitpunkt					
[cm]					
Körpergewicht zum	insgesamt (n=18)	65	13,6	70	35-81
Befragungszeitpunkt					
[cm]					
BMI zum	Insgesamt (n=18)	19,8	3	19,6	13,8-25
Befragungszeitpunkt					
[kg/m ²]					

Wie auch die Saugglockenpatienten wurden die operierten Trichterbrustpatienten zu eventuellen körperlichen Beeinträchtigungen durch die Trichterbrust vor Behandlungsbeginn befragt. Hierzu konnten ebenfalls aus einer Reihe von verschiedenen Symptomen die zutreffenden körperlichen Begleiterscheinungen ausgewählt werden und unter „sonstiges“

weitere Beobachtungen aufgeführt werden. Mehrfachnennungen waren möglich. In der Auswertung ergab sich, dass etwa 70% der Patienten vor der Operation unter körperlichen Beeinträchtigungen litten. Am häufigsten wurden Atemnot (38,9%), eine verminderte Belastbarkeit (27,8%), schnellere Ermüdbarkeit (16,7%) und Schmerzen (27,8%) angegeben (Abb. 14). Im Freitext wurden zusätzlich eine sekundäre Skoliose (1x), Schwindelgefühle mit Tachykardie (1x) und eine asymmetrische Körperhaltung (1x) aufgeführt.

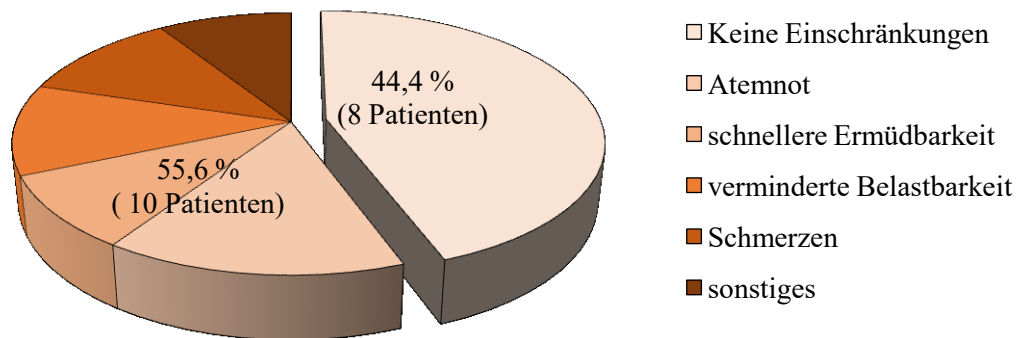


Abb. 14: Haben Sie vor der Operation körperliche Einschränkungen durch die Trichterbrust erfahren*?

* Mehrfachnennungen möglich

Nach dem Grund für die Entscheidung zur Operation befragt, gaben drei Patienten an einer ärztlichen Empfehlung gefolgt zu sein (16,7%), entschlossen sich sechs zu dem Eingriff da die Alternativen wenig Erfolg versprechend bzw. nicht bekannt waren (33,4%) und wählten vier die operative Behandlung aufgrund der sehr schnellen optischen Verbesserungen (22,2%). Bei fünf der Patienten bestand initial der Wunsch zur Saugglocke, jedoch ließ sich diese nicht anwenden (großes Brustwachstum, zu starke Nebenwirkungen) bzw. führte nicht zu den erwünschten Erfolgen (27,8%).

Auch in „Gruppe 3“ unternahmen über die Hälfte der Patienten (55,6 %) in ihrer Freizeit regelmäßige sportliche Aktivitäten und erhielten sechs der Patienten Physiotherapie.

5.1.2.2 Peri- und postoperativer Verlauf

Zum Befragungszeitpunkt war der stabilisierende Metallbügel bereits bei 13 der 18 Patienten aus „Gruppe 3“ entfernt worden. Nach der Nuss-Operation befanden sich die Patienten durchschnittlich 8,5 Nächte im Krankenhaus (Min-Max 6-14, SD 2,1). Neben dem Bügel selbst wurden ein oder mehrere Stabilisatoren eingebracht oder eine Drahtcerclage zur Fixation verwendet. Es erfolgte eine perioperative antibiotische Prophylaxe. Zur peri- und

postoperativen Analgesie kamen regulär sowohl ein Periduralkatheter sowie Nicht-Opioid-Analgetika (z.B. Diclofenac, Novalgin, Paracetamol) zum Einsatz. Nach dem Eingriff wurde ein Sportverbot für 3 Monate ausgesprochen.

Die mittlere Verweildauer des Bügels im Körper lag bei 34 Monaten (Min-Max 2-56, SD 15,6). Nach der Metallentfernung verbrachten die Patienten im Durchschnitt 2,5 Nächten (Min-Max 1-4, SD 1,1) stationär.

Unter Betrachtung sämtlicher operierter Patienten, einschließlich „Gruppe 3“, zeigen sich ähnliche Ergebnisse. Die mittlere Verweildauer nach Nuss-OP betrug 7,5 Nächte (Min-Max 5-14, SD 1,8) und im Rahmen der Metallentfernung weitere 2 Nächte (Min-Max 1-5, SD 0,9). Der Bügel befand sich durchschnittlich für 39 Monate im Thorax (Min-Max 2-79, SD 16,8).

Postoperativ kam es bei 8 der 40 operierten Patienten (20%) zu einer Dislokation des Bügels, vier hiervon in „Gruppe 3“, welche einen erneuten operativen Eingriff notwendig machte. Der Zeitpunkt der Dislokation variierte zwischen mehreren Tagen nach dem Eingriff bis zu zwei Jahren nach der Operation.

Bei zwei Patienten dislozierte der Bügel zweimalig. In einem Fall entschloss man sich, anschließend in Rücksprache mit der Familie und in Anbetracht des komplizierten Verlaufes mit Pneumothorax und drainagebedürftigen Pleuraergüssen, das Material nach nur 2 Monaten Tragedauer permanent zu entfernen. In allen anderen Fällen konnten durch den Revisionseingriff und ggf. das Einbringen zusätzlicher Stabilisatoren ein befriedigendes Ergebnis erzielt werden.

Vier weitere Patienten wiesen in den postoperativen Röntgen-Kontrollen einen Pneumothorax auf, welcher in einem Fall drainagebedürftig war. Hierbei lag zusätzlich eine Pneumonie mit Ergussbildung vor. Im Verlauf entwickelte der Patient eine Antibiotika-assoziierte pseudomembranöse Kolitis mit Nachweis von *Clostridium difficile*, welche nach Erweiterung der antibiotischen Behandlung einen guten Heilungsverlauf zeigte.

Schwerwiegende oder lebensbedrohliche Komplikationen sind nicht aufgetreten. Kein Patient ist durch den Eingriff oder damit assoziierten Komplikationen verstorben.

Um einen näheren Einblick in das subjektive Empfinden der Patienten nach dem operativen Eingriff zu erlangen, wurde dies ebenfalls in dem Fragebogen zur operativen Korrektur thematisiert. Die Patienten konnten hierbei zwischen drei Antwortmöglichkeiten wählen. Etwa die Hälfte der operierten Patienten empfand die ersten Tage mit dem stabilisierenden

Metallbügel als unangenehm und litt unter stärkeren Schmerzen (Abb.15). Fünf gaben an, sich schnell an den Bügel gewöhnt zu haben und nur geringe Schmerzen erfahren zu haben und lediglich vier Patienten litten unter sehr starken Schmerzen und konnten sich nur schwer an die Situation gewöhnen.

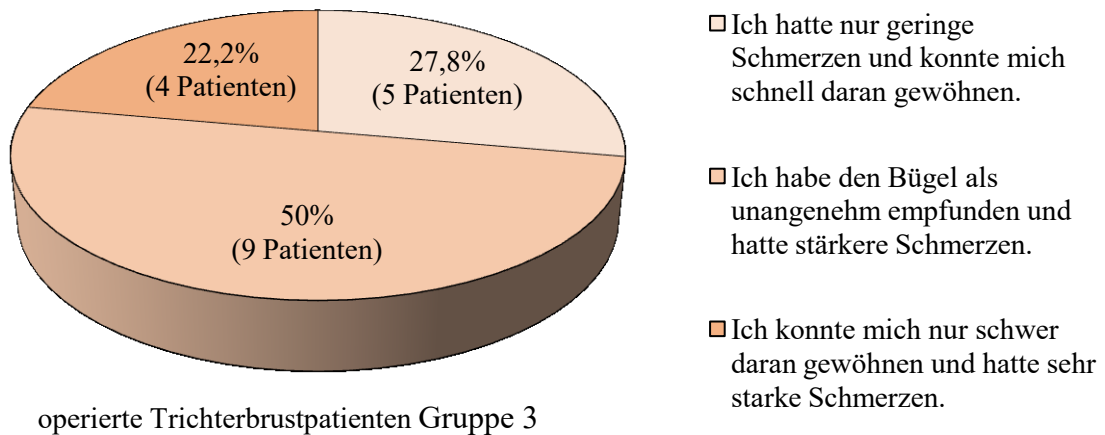


Abb. 15: Wie haben Sie die Zeit im Krankenhaus direkt nach der Operation und die ersten Tage mit dem stabilisierenden Metallbügel empfunden?

Im Vergleich dazu empfanden 50% der Patienten die Tragezeit des Bügels über den gesamten Zeitraum betrachtet als problemlos und schmerzfrei. Ein Drittel stufte den Bügel als unangenehm, aber ertragbar ein (33,3%) und nur drei Patienten litten stark (16,7%).

Im Alltag fühlten sich 4 der Patienten durch den Bügel eingeschränkt (22,2%), während 14 Patienten sich nicht oder nur leicht beeinträchtigt fühlten (77,8%). Dies konnte anhand einer sechsstufigen Skala bewertet werden, welche Abstufungen zwischen „trifft voll zu“ und „trifft überhaupt nicht zu“ beinhaltete und nachträglich zu zwei Antwortkategorien („trifft zu“, „trifft nicht zu“) zusammen gefasst wurde (Abb. 16).

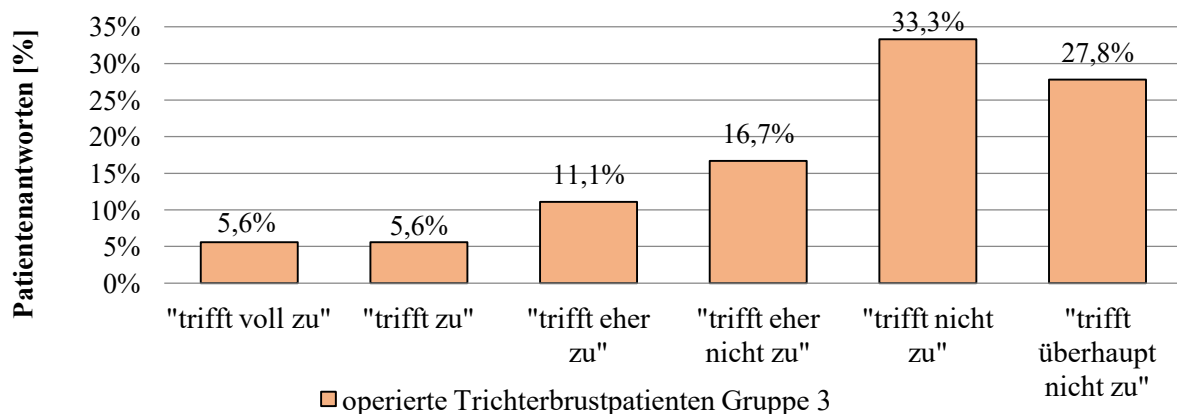


Abb. 16: Hat Sie der Bügel stark im Alltag eingeschränkt?

Bei der Mehrheit der Patienten traten auch nach dem Aufenthalt im Krankenhaus subjektiv Nebenwirkungen durch den Bügel auf. Unter Nutzung des selbst erstellten Fragebogens konnte erneut aus einer Reihe von Nebenwirkungen gewählt werden und es bestand die Gelegenheit im Freitext zu antworten (Abb.17). Nur ein Patient gab an keine Nebenwirkungen durch den Bügel erfahren zu haben. Über 60% litten unter Druckgefühlen im Brustkorb und ähnlich viele Patienten empfanden auch nach der Entlassung noch Schmerzen. Des Weiteren wurden Atemnot (2 x), Sensibilitätsstörungen (2 x), Kreislaufprobleme (1 x) und Wundheilungsstörungen (1 x) angegeben. Im Freitext wurden zusätzlich ein Kältegefühl im Arm, ein Stechen in der Brust sowie Übelkeit und Appetitlosigkeit benannt.

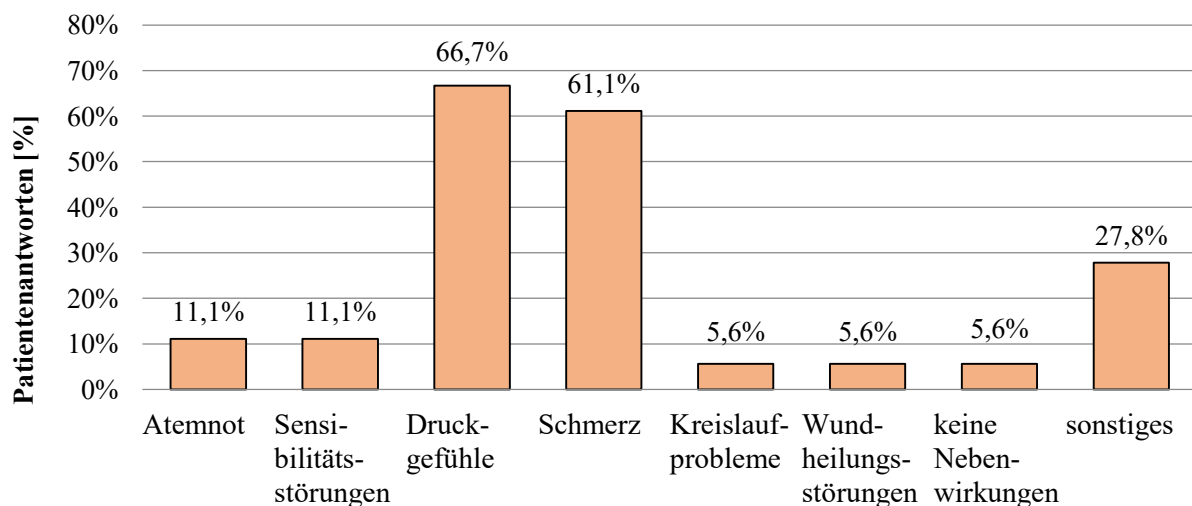


Abb. 17: Sind nach dem Aufenthalt im Krankenhaus Nebenwirkungen durch den Bügel aufgetreten*?

* Mehrfachnennungen möglich

5.1.3 Vergleich Saugglockenpatienten vs. operierte Patienten – Zustand vor Behandlung und generelles Therapieempfinden

Um einen Vergleich zwischen den zwei Behandlungsgruppen zu ermöglichen, wurden alle befragten Patienten aus „Gruppe 1a“ und „Gruppe 2“ gemeinsam als „Saugglockenpatienten“ zusammengefasst. Es ergaben sich zwei Patientenkollektive mit ähnlicher Alters-, Geschlechts-, Größen- und Gewichtsverteilung zu Behandlungsbeginn, welche bei gleichem Krankheitsbild mit zwei unterschiedlichen Methoden in der gleichen Klinik über einen identischen Zeitraum betreut wurden (Tab.13). Zu bemerken ist, dass die operierten Patienten sowohl zu Behandlungsbeginn als auch zum Befragungszeitpunkt durchschnittlich älter waren als die konservativ behandelten Patienten. Im Rahmen der statistischen Auswertung wurde

dies berücksichtigt und an entsprechender Stelle in den Tests für das Alter der Patienten „kontrolliert“ (s. 4.3.5).

Tab. 13: Gruppenvergleich: Geschlecht, Alter, Gewicht und Körpergröße

	Gruppe 1a/2 Mw (Median; Min – Max)	Gruppe 3 Mw (Median; Min – Max)
Geschlechterverteilung und Patientenanzahl	weiblich n = 4 männlich n = 24 insgesamt n = 28	weiblich n = 2 männlich n = 16 insgesamt n = 18
Alter zum Behandlungsbeginn* [Jahre]	13,3 (14; 4-28)	15,8 (15; 6-24)
Alter zum Befragungszeitpunkt [Jahre]	16,8 (15,5; 5-33)	20,7 (20; 13-27)
Körpergewicht zum Befragungszeitpunkt [kg]	59,4 (63,8; 18,3-81)	65 (70; 35-81)
Körpergröße zum Befragungszeitpunkt [cm]	171,6 (178; 117-196)	180,2 (183; 159-190)
BMI zum Befragungszeitpunkt [kg/m ²]	19,2 (19,6; 13,2-24,7)	19,8 (19,6; 13,8-25)

* Gruppe 1a/2: Erstvorstellung und Beginn Saugglockentherapie;
Gruppe 3: Zeitpunkt der operativen Korrektur

Zunächst wurde der Zustand vor Therapiebeginn verglichen (Tab.14). Auf die Frage nach körperlichen Einschränkungen vor der Saugglockentherapie bzw. vor dem operativen Eingriff, gaben die Patienten aus „Gruppe 3“ signifikant häufiger Schmerzen an als Patienten aus „Gruppe 1a“ und „Gruppe 2“. Die gleiche Tendenz zeigt sich in den Bereichen „Atemnot“ und „verminderte Belastbarkeit“, hier war der Unterschied jedoch nicht signifikant. Es zeichnete sich somit ab, dass sich die operierten Patienten vor der Behandlung öfter körperlich beeinträchtigt fühlten als die späteren Saugglockenanwender.

Tab. 14: Haben Sie vor der Therapie körperliche Einschränkungen durch die Trichterbrust erfahren*?

	Gruppe 1a/2 (n=28)	Gruppe 3 (n=18)	p-Werte**
Atemnot	5 (17,9%)	7 (38,9%)	0,075
Ermüdbarkeit	2 (7,1%)	3 (16,7%)	0,459
verminderte Belastbarkeit	3 (10,7%)	5 (27,8%)	0,151
Schmerzen	1 (3,6%)	5 (27,8%)	0,045
Keine	18 (64,3%)	8 (44,4%)	0,328
Sonstiges	3 (10,7%)	3 (16,7%)	0,657

* Mehrfachnennungen möglich

** logistische Regression, kontrolliert für das Alter der Patienten

Die Therapie wurde sowohl bei den operierten als auch den konservativ behandelten Patienten überwiegend als problemlos und schmerzfrei empfunden (Tab. 15). Im Vergleich zu den Nuss-Patienten schienen die Saugglockenpatienten weniger unter der Therapie gelitten zu haben und die Behandlung wurde öfter als problemlos eingestuft, dies jedoch ohne statistische Signifikanz.

Tab. 15: Wie haben Sie die Therapie insgesamt empfunden?

	Gruppe 1a/2 (n=28)	Gruppe 3 (n=18)	p-Wert*
problemlos und schmerzfrei	16 (57,1%)	9 (50,0%)	0,181
unangenehm aber ertragbar	11 (39,3%)	6 (33,3%)	
stark gelitten	1 (3,6%)	3 (16,7%)	

*ordered probit Regression, kontrolliert für das Alter der Patienten

Unabhängig vom generellen Therapieempfinden fühlten sich die operierten Patienten durch den Bügel im Verlauf tendenziell weniger stark im Alltag eingeschränkt als die konservativ behandelten Patienten durch die Saugglocke, dies jedoch erneut ohne Nachweis eines statistisch signifikanten Unterschiedes (Tab.16).

Tab. 16: Hat Sie die Saugglocke/ der Bügel im Alltag eingeschränkt?

	Gruppe 1a/2 (n=28)	Gruppe 3 (n=18)	p-Wert *
trifft nicht zu	15 (53,6%)	14 (77,8%)	0,125
trifft zu	13 (46,4%)	4 (22,2%)	

*p-Wert des exakten Fisher-Tests

5.2 Saugglockentherapie – Vorher-Nachher-Vergleich anhand objektiver Kriterien

5.2.1 Körperliche Vermessung

Folgend werden die Ergebnisse der körperlichen Vermessung der Patienten von „Gruppe 1“ zum Ersttermin bzw. von „Gruppe 1a“ vor und nach Beginn der Saugglockentherapie aufgeführt. Trichtertiefe, Trichtervolumen und anthropometrischer Index wurden wie unter 4.3.1 beschrieben erfasst und anhand von Mittelwert (Mw), Standardabweichung (SD), Median sowie Minimum und Maximum (Min-Max) beschrieben (Tab.17).

Tab. 17: Gruppe 1: Körperliche Vermessung

		Mw	SD	Median	Min-Max
Trichtertiefe [cm]	weiblich (n=10)	1,7	1,0	1,5	0,7-3,5
	männlich (n=28)	1,8	0,8	1,6	0,6-3,8
	insgesamt (n=38)	1,8	0,8	1,6	0,6-3,8
Anthropometrischer Index [cm/cm]	weiblich (n=10)	0,12	0,07	0,12	0,04-0,28
	männlich (n=28)	0,11	0,05	0,10	0,03-0,24
	insgesamt (n=38)	0,11	0,06	0,11	0,03-0,28
Trichtervolumen [ml]	weiblich (n=10)	28,3	21,7	26	5,0-68,0
	männlich (n=28)	55	40,1	40	10,0-152,0
	insgesamt (n=38)	48	37,8	34	5,0-152,0

Zum Zeitpunkt der Erstuntersuchung konnten im Mittel eine Trichtertiefe von 1,8 cm, ein ap-Index von 0,11 cm/cm und ein Trichtervolumen von 48 ml ermittelt werden. Nach Geschlechtern aufgeschlüsselt wurden bei den weiblichen Patienten eine Trichtertiefe von 1,7 cm, ein ap-Index von 0,12 cm/cm sowie ein Trichtervolumen von 28 ml vermessen und bei den männlichen Patienten durchschnittlich eine Trichtertiefe von 1,8 cm, ein ap-Index von 0,11 und ein Trichtervolumen von 55 ml erfasst. 32 Patienten zeigten eine symmetrische Trichterbrust, sechs wiesen einen asymmetrischen Befund auf.

Bei separater Betrachtung der Patienten aus Gruppe 1a zeigte sich eine ähnliche Verteilung der Messwerte (Tab.18). Die Trichtertiefe lag im Mittel bei 2,2 cm, der anthropometrische Index bewegte sich bei 0,15 cm/cm und das Trichtervolumen wurde mit 53 ml ermittelt. Drei der Patienten litten unter einer asymmetrischen Trichterbrust, neun unter einem symmetrischen Befund.

Tab. 18: Gruppe 1a: Körperliche Vermessung

		Mw	SD	Median	Min-Max
Trichtertiefe [cm]	weiblich (n=3)	2,8	0,7	2,8	2,2-3,5
	männlich (n=9)	1,9	1,1	1,6	0,6-3,8
	insgesamt (n=12)	2,2	1,0	1,9	0,6-3,8
Anthropometrischer Index [cm/cm]	weiblich (n=3)	0,19	0,08	0,18	0,13-0,28
	männlich (n=9)	0,13	0,07	0,12	0,04-0,24
	insgesamt (n=12)	0,15	0,08	0,13	0,04-0,28
Trichtervolumen [ml]	weiblich (n=3)	52,7	20,0	60	30,0-68,0
	männlich (n=9)	53	54,1	29	100-152,0
	insgesamt (n=12)	53,1	46,9	35,0	10,0-152,0

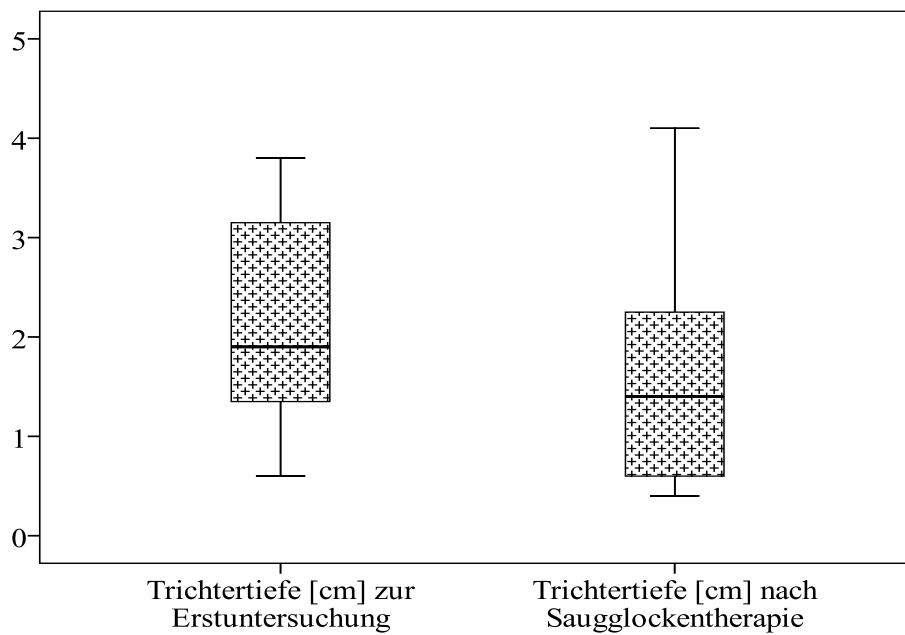
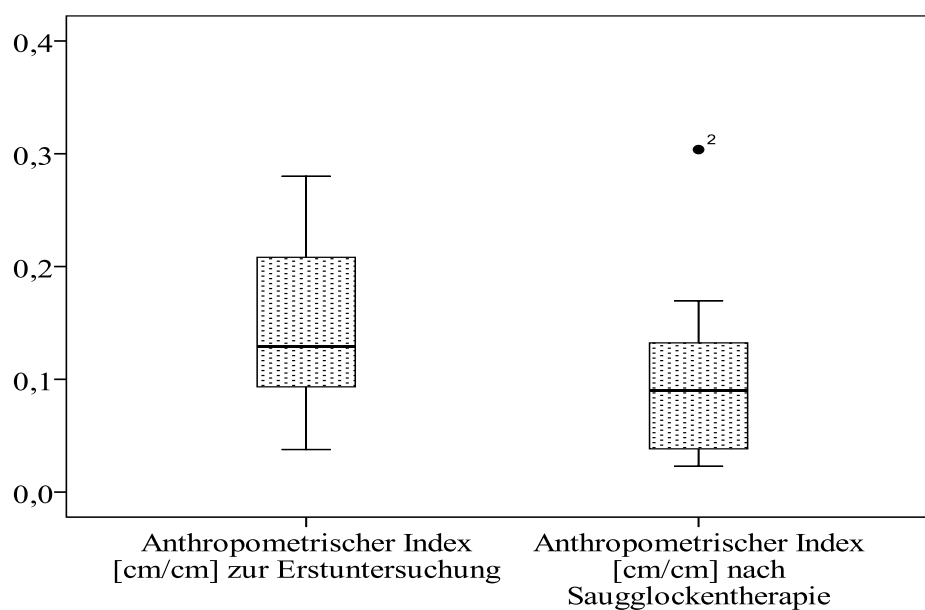
Im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen der zweiten Vermessung konnte durchschnittlich ein Rückgang der Trichtertiefe um 0,6 cm und des Trichtervolumens um 25 ml beobachtet werden. Der ap-Index nahm um 0,04 cm/cm ab.

Zum Wiedervorstellungstermin bewegte sich die Trichtertiefe in Gruppe 1a somit im Mittel bei 1,6 cm, das Trichtervolumen um 28 ml und der ap-Index um 0,10 cm/cm (Tab.19, Abb. 18-20). Es zeigte sich in allen drei Untersuchungskriterien insgesamt eine signifikante Verminderung der Vermessungsparameter (Signifikanzniveau p-Wert $\leq 0,05$).

Tab. 19: Gruppe 1a (n=12): Körperliche Vermessung vor und nach Therapie

		Mw	SD	Median	Min-Max	p-Wert*
Trichtertiefe [cm]	vorher	2,2	1,0	1,9	0,6-3,8	0,010
	nachher	1,6	1,1	1,4	0,4-4,1	
Differenz:	nachher - vorher	-0,6	0,6	-0,6	-1,4-0,6	
Anthroindex [cm/cm]	vorher	0,15	0,08	0,13	0,04-0,28	0,005
	nachher	0,10	0,08	0,09	0,02-0,30	
	nachher - vorher	-0,04	0,04	-0,04	-0,12-0,02	
Trichtervolumen [ml]	vorher	53,1	46,9	35,0	10,0-152,0	0,003
	nachher	28,3	28,3	16,0	5,0-90,0	
Differenz:	nachher - vorher	-24,8	26,7	-16,5	-97,0-1,0	

*p-Wert des Wilcoxon Rangsummentests für verbundene Stichproben

**Abb. 18: Vergleich der Trichtertiefen Gruppe 1a****Abb. 19: Vergleich des anthropometrischen Index Gruppe 1a**

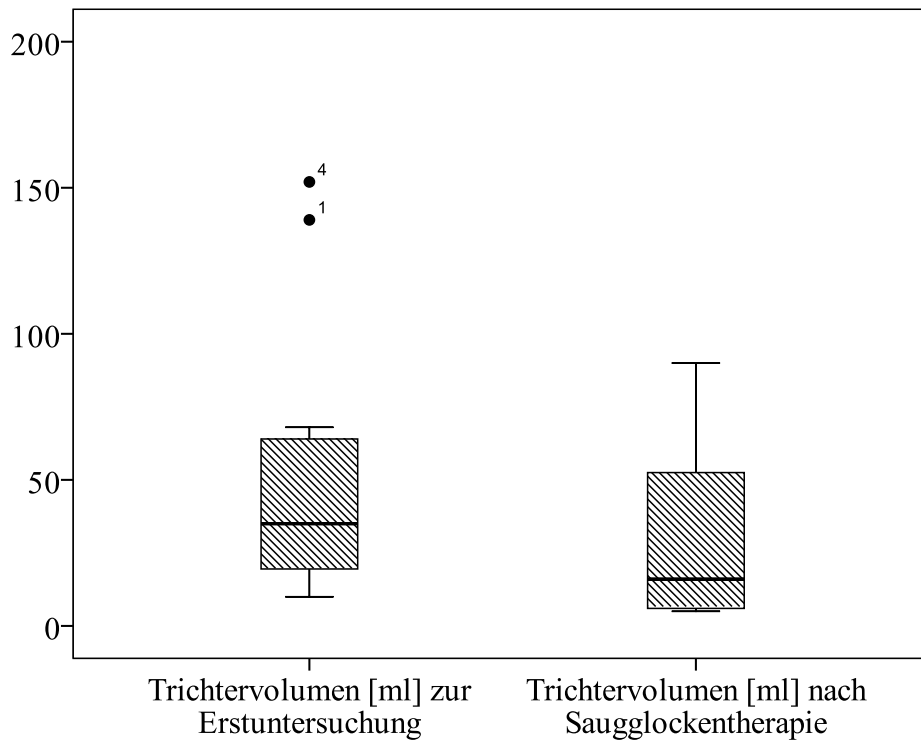


Abb. 20: Vergleich der Trichtervolumen Gruppe 1a

Bei einer Patientin kam es zwischen Erstvorstellung und Wiedervorstellungstermin zu einer Zunahme der Trichtertiefe (3,5 cm vs. 4,1 cm) bei im Wesentlichen unverändertem ap-Index (0,28 cm/cm vs. 0,30 cm/cm) und Trichtervolumen (68 ml vs. 60 ml).

Sämtliche anderen Patienten konnten einen Rückgang der Trichtertiefe, des ap-Index und des Trichtervolumens verzeichnen (Abb. 21-23). In Betrachtung der Einzelwerte gelang dies bei einigen Saugglockenanwendern in beträchtlichem Ausmaß (Abb. 24-27). So konnte bei einem männlichen Patienten ein Rückgang des Trichtervolumens von 152 ml auf 55 ml und der Trichtertiefe von 2,1 auf 1,4 cm beobachtet werden. Insgesamt waren die Veränderungen jedoch eher geringfügig.

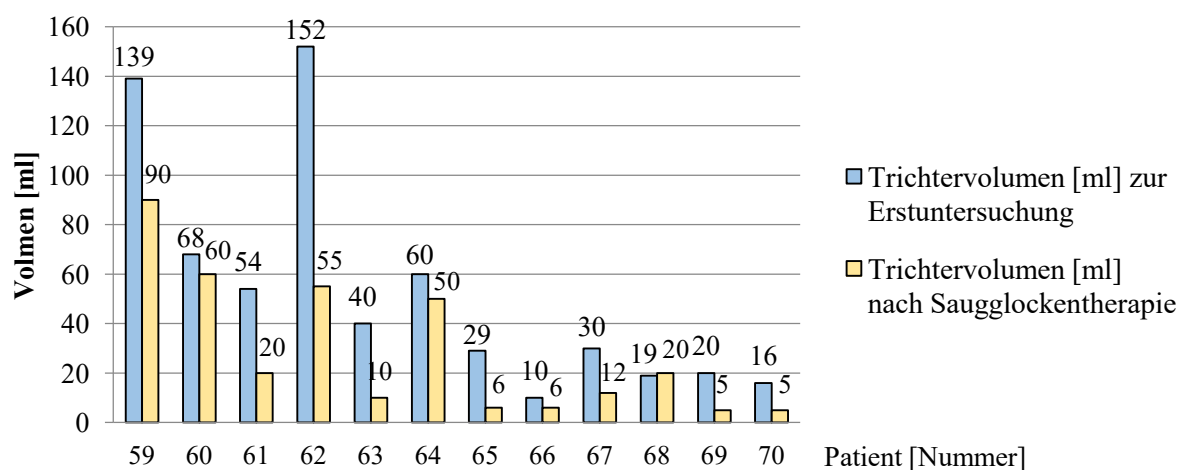


Abb. 21: Trichtervolumen vor und nach Therapie Gruppe 1a

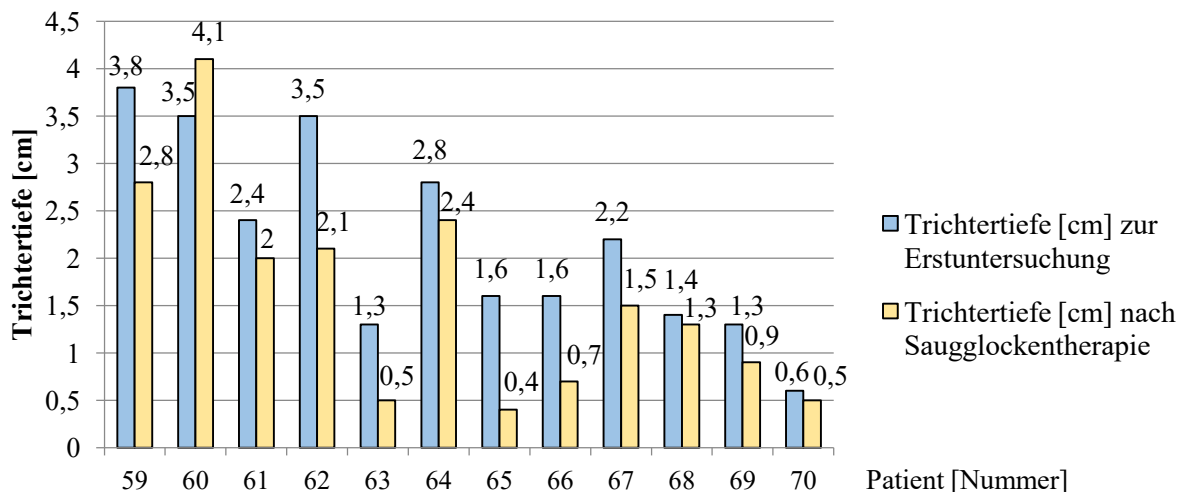


Abb. 22: Trichtertiefen vor und nach Therapie Gruppe 1a

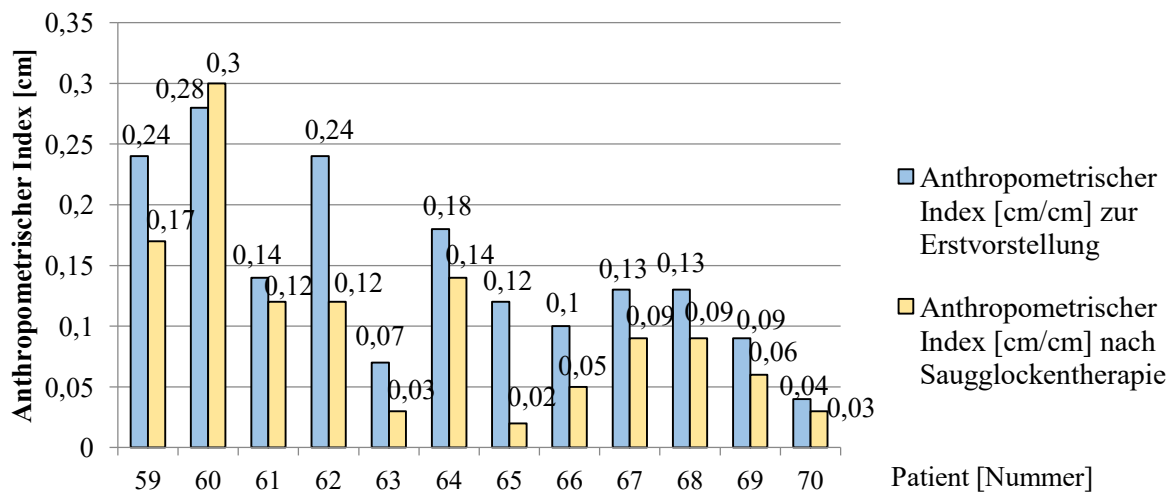


Abb. 23: Anthropometrischer Index vor und nach Therapie



Abb. 24: Patient Nr. 61 vor und nach 7 Monaten Saugglockentherapie

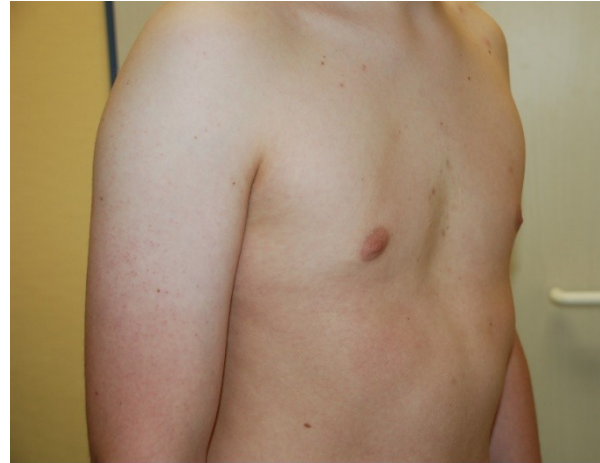


Abb. 25: Patient Nr. 63 vor und nach 12 Monaten Therapie



Abb. 26: Patient Nr. 62 vor und nach 6 Monaten Therapie



Abb. 27: Patient Nr. 66 vor und nach 9 Monaten Therapie

5.2.2 Lungenfunktionsprüfung

Wie unter 4.3.2 beschrieben erfolgte die Auswertung der Lungenfunktionsprüfung unter genauer Betrachtung der Vitalkapazität (VC), des forcierten expiratorischen Volumens innerhalb einer Sekunde (FEV1), der relativen Einsekundenkapazität (FEV1/VC) und der totalen Lungenkapazität (TLC). Zur Gewährleistung einer besseren Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse wurden zunächst nur jene Patienten aus „Gruppe 1“ in der weiteren Auswertung berücksichtigt, bei denen in Jena sowohl zu Beginn als auch im Verlauf der Saugglockentherapie eine auswertbare Spirometrie und Bodyplethysmografie stattgefunden hatte (Tab. 20). Bei diesen 20 Patienten zeigte sich durchschnittlich eine leicht erniedrigte Vitalkapazität bei im Mittel normwertiger FEV1, unauffälligem FEV1/VC-Verhältnis sowie ebenfalls nur leicht reduzierten expiratorischen Flusswerten und totaler Lungenkapazität.

Tab. 20: Gruppe 1 (n=20): Spirometrie und Bodyplethysmografie

	Mw	SD	Median	Min-Max
VC [% Ist/Soll]	77,6	12,4	80,4	52,5-100,2
FEV1 [% Ist/Soll]	90,2	15,7	90,5	61,2-131,4
FEV1/VC [% Ist/Soll]	104,1	10,0	106,8	89,0-119,5
MEF 25 [% Ist/Soll]	86,9	35,2	83,5	33,1-175,2
TLC [% Ist/Soll]	84,5	16,4	85,4	42,3-115,4
RV [% Ist/Soll]	107,1	57,0	84,7	49,1-257,8
RV/TLC [% Ist/Soll]	114,0	53,8	107,3	56,0-241,9

In der klinischen Befundung der einzelnen Untersuchungsergebnisse ergab sich folgende Verteilung der Ventilationsmuster:

Tab. 21: Verteilung der Ventilationsmuster Gruppe 1 (n=20) und Gruppe 1a (n=9)

	Gruppe 1	Gruppe 1a vor Therapie	Gruppe 1a nach Therapie
normale Lungenfunktion	7 (35%)	2 (22,2%)	5 (55,6%)
restriktives Muster *	10 (50%)	5 (55,6%)	2 (22,2%)
gemischtes Muster **	3 (15%)	2 (22,2%)	2 (22,2%)
obstruktives Muster ***	-	-	-

* = TLC < 85% und / oder VC + FEV1 < 80% und FEV1/VC > 85%

** = leichte Restriktion mit peripherer Obstruktion, reduzierte Flusswerte (MEF 25 < 70%) und positive Bronchospasmolyse

*** = obstruktives Muster = FEV1/VC < 80 %

Zum Zeitpunkt der Erstvorstellung zeigten also 50% der Trichterbrustpatienten ein restriktives Ventilationsmuster, 15% eine leichte periphere Obstruktion mit restriktivem Muster und 35% eine normale Lungenfunktion. Ein rein obstruktives Muster kam nicht vor.

Bei sieben Patienten wurde eine Bronchospasmolyse mit einem beta-2-Sympathomimetikum durchgeführt. In drei Fällen kam es zu einer positiven Reaktion, also einer deutlichen Steigerung von FEV1 und MEF25. Ähnlich stellte sich die Verteilung bei den separat betrachteten Saugglockenanwendern aus Gruppe 1a dar (Tab. 22, Abb. 28). Nach der Therapie verbesserte sich die Lungenfunktion bei drei Patienten mit zuvor restriktiven Parametern bis hin zu einem normalen Ventilationsmuster. Vier der sieben Bronchospasmolyse-Patienten waren in dieser Untersuchungsgruppe, in zwei Fällen mit Ansprechen auf die Medikation. Des Weiteren zeigte sich im Vorher-Nachher-Vergleich eine signifikante Zunahme der Vitalkapazität um im Mittel 10,1 % ($p = 0,028$) und der forcierten Einsekundenkapazität um etwa 8% ($p = 0,015$). In den Bereichen der totalen Lungkapazität und der expiratorischen Flusswerte wurde bei einzelnen Patienten eine Zunahme um bis zu 36,7 % bzw. 40,1% registriert, jedoch auf alle Untersuchungsergebnisse bezogen keine statistisch signifikanten Veränderungen.

Tab. 22: Gruppe 1a (n= 9): Spirometrie und Bodyplethysmografie vor und nach Therapie

		Mw	SD	Median	Min-Max	p-Wert*
VC [% Ist/Soll]	vorher	73,2	13,2	75,1	52,5-91,7	0,028
	nachher	83,3	14,0	81,8	66,3-106,6	
	nachher - vorher	10,1	9,4	10,4	-9,6-20,3	
FEV1 [% Ist/Soll]	vorher	81,9	13,3	85,6	61,2-97,0	0,015
	nachher	89,9	15,1	87,0	65,9-110,2	
	nachher - vorher	8,1	6,6	7,3	-2,6-17,9	
FEV1/VC [% Ist/Soll]	vorher	103,1	9,2	101	91,8-115,3	0,594
	nachher	100,9	10,0	101,2	88,3-114,8	
	nachher - vorher	-2,2	7,8	-0,4	-20,6-4,6	
MEF 25 [% Ist/Soll]	vorher	71,2	27,9	61,0	33,1-114,2	0,214
	nachher	81,2	32,5	68,7	34,4-136,8	
	nachher-vorher	10,1	23,9	8,3	-36,6-40,1	
TLC [% Ist/Soll]	vorher	89,2	17,9	86,3	60,4-115,4	0,374
	nachher	95,9	18,9	92,2	73,2-135,3	
	nachher - vorher	6,7	18	3,5	-15,9-36,7	

*p-Wert des Wilcoxon Rangsummentests für verbundene Stichproben

Gruppe 1a (n=9): Vitalkapazität, forcierte Einsekundenkapazität, relative Einsekundenkapazität und totale Lungenkapazität vor und nach Therapie

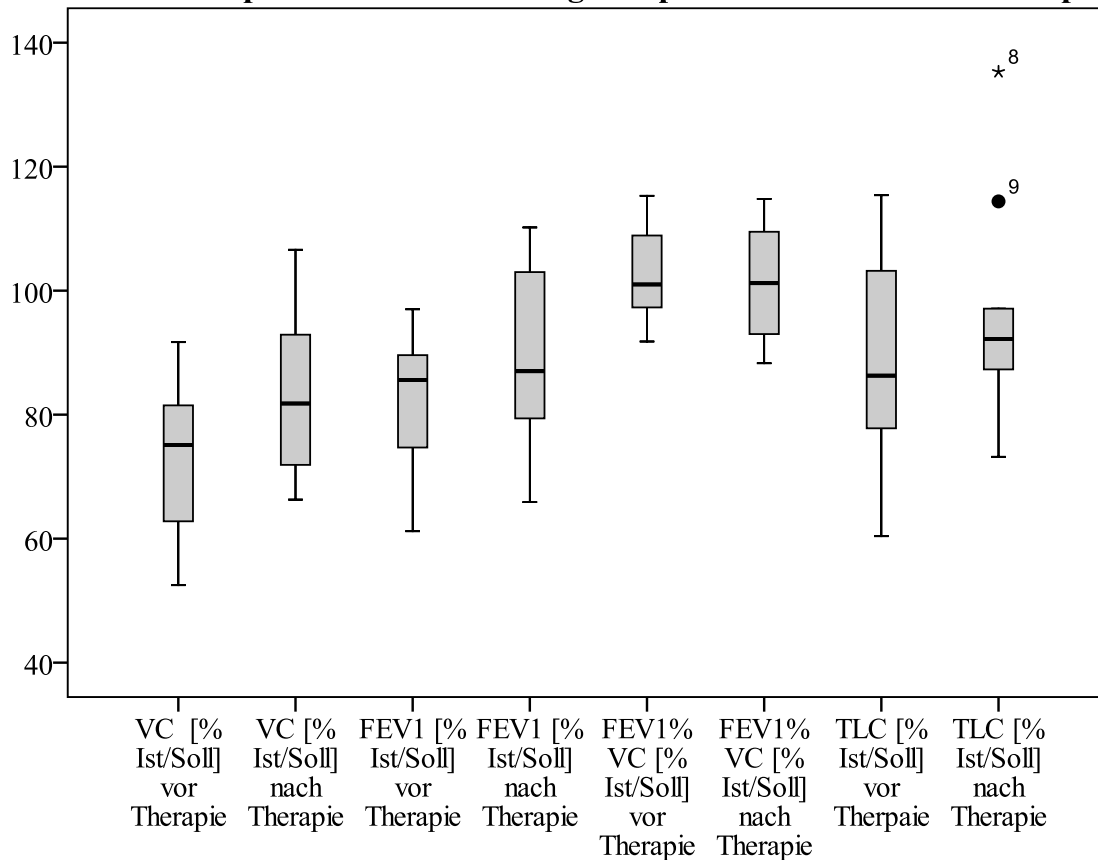


Abb. 28: VC, FEV1 und TLC vor und nach Therapie

Zur Vervollständigung der Untersuchungsergebnisse wurden auch die Patienten aus „Gruppe 1a“ bei denen nur eine Spirometrie vor und nach Saugglockentherapie vorlag im Vorher-Nachher-Vergleich betrachtet (Tab. 23). Wie auch bei den anderen Saugglockenanwendern zeigte sich bei den Patienten eine deutliche Zunahme der Vitalkapazität um durchschnittlich 9%, der forcierten Einsekundenkapazität um im Mittel 14% und der expiratorischen Flusswerte um 29%. Die relative Einsekundenkapazität nahm im Verhältnis zur Voruntersuchung ebenfalls leicht zu. Zwei der Patienten zeigten initial ein restriktives Ventilationsmuster und ein Patient eine normale Lungenfunktion (Tab. 24). Bei zwei Patienten normalisierten sich die Werte nach Therapie hin zu einem normalen Ventilationsmuster, sodass letztlich alle drei Patienten einen unauffälligen Befund vorwiesen.

Tab. 23: Gruppe 1a (n=3): Spirometrie vor und nach Therapie

		Mw	SD	Median	Min-Max
VC	vorher	80,2	8,2	83,5	70,8 – 86,2
[% Ist/Soll]	nachher	89,3	2,1	89,5	87,2 – 91,3
	nachher - vorher	9,2	10,1	6,0	1,0 – 20,5
FEV1	vorher	80,4	8,7	77,0	73,9 – 90,2
[% Ist/Soll]	nachher	94,7	13	96,0	81,1 – 107,0
	nachher - vorher	14,3	9,3	16,8	4,1 – 22,1
FEV1/VC	vorher	99,2	6,5	101,0	92 – 104,6
[% Ist/Soll]	nachher	103,0	11,9	103,8	90,7 – 114,5
	nachher - vorher	3,8	5,6	2,8	-1,3 – 9,9
MEF 25	vorher	68	13,9	61	59,0 – 84,0
[% Ist/Soll]	nachher	97,4	30	90,5	71,5 – 130,3
	nachher - vorher	29,4	36,3	10,5	6,5 – 71,3

Tab. 24: Gruppe 1a (n=3): Verteilung Ventilationsmuster nach Spirometrie

	Gruppe 1a vorher	Gruppe 1a nachher
normale Lungenfunktion	1	3
restriktives Muster *	2	-

* = TLC < 85% und / oder VC + FEV1 < 80% und FEV1/VC > 85%

5.2.3 Gesundheitsbezogene Lebensqualität

Die Auswertung des SF 36 zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität ergab bei den Patienten aus „Gruppe 1“ zum Zeitpunkt der Erstvorstellung durchweg hohe Werte, welche statistisch nur in zwei Kategorien signifikant von der altersangepassten Normstichprobe abwichen. So schnitten die Patienten im Bereich der körperlichen Rollenfunktion tendenziell besser und im Bereich der Vitalität relevant schlechter ab. Sämtliche anderen Skalen zeigten keine wesentlichen Unterschiede zu gesunden Gleichaltrigen (Tab. 25).

Tab. 25: Gruppe 1: Deskription und Vergleich mit Normstichprobe SF 36 Gruppe 14-20-Jährige

		Mw	SD	Median	Min-Max	p-Wert*
Körperliche Funktionsfähigkeit	Gruppe 1 (n=16)	95,3	6,7	95,0	75,0-100	0,586
	Norm (n= 123)	94,1	16,4	100	5,0-100	
körperliche Rollenfunktion	Gruppe 1 (n=16)	100	0,0	100	100-100	0,000
	Norm (n=123)	92,5	21,5	100	0,0-100	
körperliche Schmerzen	Gruppe 1 (n=16)	89,6	15,0	100	51,0-100	0,728
	Norm (n=123)	91,0	20,6	100	0,0-100	
Allgemeine Gesundheits-Wahrnehmung	Gruppe 1 (n=16)	74,4	21,6	77,0	35,0-100	0,262
	Norm (n=123)	80,5	14,4	82,0	25,0-100	
Vitalität	Gruppe 1 (n=16)	57,2	18,0	65,0	25,0-85,0	0,007
	Norm (n=123)	69,9	16,6	75,0	10,0-100	
Soziale Funktionsfähigkeit	Gruppe 1 (n=16)	88,3	21,6	100	37,5-100	0,431
	Norm (n=123)	92,6	15,0	100	12,5-100	

emotionale Rollen- Funktion	Gruppe 1 (n=16)	87,5	29,5	100	0,0-100	0,510
	Norm (n=123)	92,4	20,8	100	0,0-100	
psychisches Wohl- Befinden	Gruppe 1 (n=16)	72,5	19,3	80,0	24,0-92,0	0,633
	Norm (n=123)	74,8	14,2	76,0	12,0-100	
körperliche Summations- skala	Gruppe 1 (n=16)	56,0	3,6	56,4	49,0-61,5	0,650
	Norm (n=123)	55,5	5,8	57,3	35,4-64,5	
psychische Summations- skala	Gruppe 1 (n=16)	47,9	11,5	52,2	15,5-56,8	0,225
	Norm (n=123)	51,5	7,2	52,9	11,9-65,1	

*t-Test für zwei unabhängige Stichproben, robuste Varianzschätzung

Die separate Auswertung der tatsächlichen Saugglockenanwender, also Gruppe 1a vor und nach Therapie, zeigte hierzu keine wesentlichen Abweichungen (Tab. 26, Abb. 29-30). Der Vollständigkeit halber wurde eine statistische Prüfung der Ergebnisse zur subjektiven Lebensqualität vor und nach Therapie durchgeführt, nicht zuletzt aufgrund der sehr kleinen Fallzahl in diesem Teil der Untersuchung war der Nachweis signifikanter Unterschiede jedoch nicht möglich.

Wie auch in der Gesamtauswertung von „Gruppe 1“ lagen die Saugglockenanwender auf der Subskala der Vitalität unterhalb des Mittelwertes der Normstichprobe und schnitten zusätzlich auf der Skala der emotionalen Rollenfunktion, des psychischen Wohlbefindens und auf der psychischen Summationsskala durchschnittlich etwas schlechter ab. Es zeigten sich insbesondere in den Bereichen der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung (vorher: Mw. 79,2 vs. nachher: Mw. 84,4, Differenz: + 5,2 Pkt.), der Vitalität (vorher: Mw. 57 vs. nachher: Mw. 61, Differenz: + 4 Pkt.) und des psychischen Wohlbefindens (vorher: Mw. 68 vs. nachher: Mw. 76, Differenz: + 8 Pkt.) diskrete Verbesserungen im Vorher-Nachher-Vergleich. Ein Unterschied von fünf Punkten wird hierbei üblicherweise als klinisch relevant betrachtet.

Tab. 26: Gruppe 1a: Deskription und Vergleich SF 36 (n=5)

		Mw	SD	Median	Min-Max	p-Wert*
Körperliche Funktions- Fähigkeit (KÖFU)	vorher	98,0	2,7	100	95,0-100	
	nachher	99,0	2,2	100	95,0-100	
	nachher - vorher	1,0	4,2	0,0	-5,0-5,0	0,564
körperliche Rollen- funktion (KÖRO)	vorher	100	0,0	100	100-100	
	nachher	100	0,0	100	100-100	
	nachher - vorher	0,0	0,0	0,0	0,0-0,0	-
körperliche Schmerzen (SCHM)	vorher	89,2	16,7	100	62,0-100	
	nachher	89,0	17,1	100	61,0-100	
	nachher - vorher	-0,2	11,3	0,0	-16,0-16,0	0,670

Allgemeine Gesundheitswahrnehmung (AGES)	vorher	79,2	17,9	77,0	62,0-100	
	nachher	84,4	21,4	100	60,0-100	
	nachher - vorher	5,2	20,1	0,0	-17,0-38,0	0,572
Vitalität (VITA)	vorher	57,0	21,1	65,0	30,0-80,0	
	nachher	61,0	18,2	70,0	35,0-80,0	
	nachher - vorher	4,0	16,4	0,0	-15,0-30,0	0,572
Soziale Funktionsfähigkeit (SOFU)	vorher	87,5	28,0	100	37,5-100	
	nachher	90,0	22,4	100	50,0-100	
	nachher - vorher	2,5	5,6	0,0	0,0-12,5	0,317
emotionale Rollen-Funktion (EMRO)	vorher	80,0	44,7	100	0,0-100	
	nachher	80,0	44,7	100	0,0-100	
	nachher - vorher	0,0	0,0	0,0	0,0-0,0	-
Psychisches Wohlbefinden (PSYC)	vorher	68,0	27,0	84,0	24,0-88,0	
	nachher	76,0	11,3	84,0	60,0-84,0	
	nachher - vorher	8,0	16,2	0,0	-4,0-36,0	0,396
Körperliche Summations-Skala	vorher	58,0	2,5	57,3	55,1-61,5	
	nachher	57,9	3,2	59,1	52,3-60,5	
	nachher - vorher	-0,1	4,0	0,0	-4,3-5,4	1,000
Psychische Summations-skala	vorher	45,3	17,2	54,6	15,5-55,6	
	nachher	48,1	12,1	52,2	26,8-55,6	
	nachher - vorher	2,8	5,6	0,8	-3,3-11,3	0,276

*p-Wert des Wilcoxon Rangsummentests für verbundene Stichproben

SF 36 Gruppe 1a vor und nach Therapie (1)

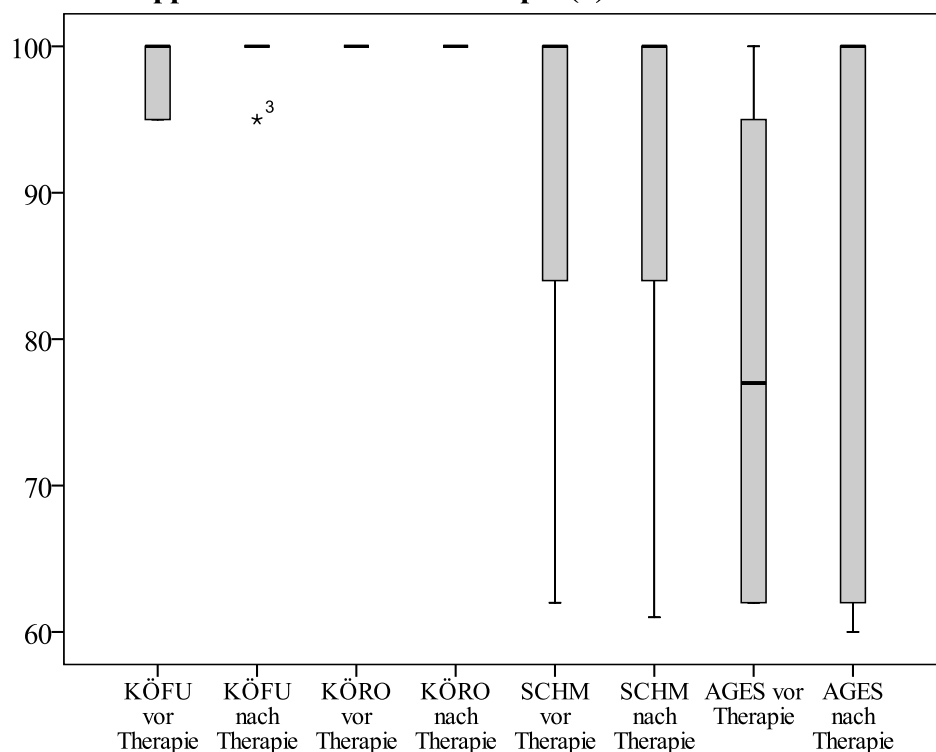


Abb. 29: SF 36 Gruppe 1a vor und nach Therapie (1)

SF 36 Gruppe 1a vor und nach Therapie (2)

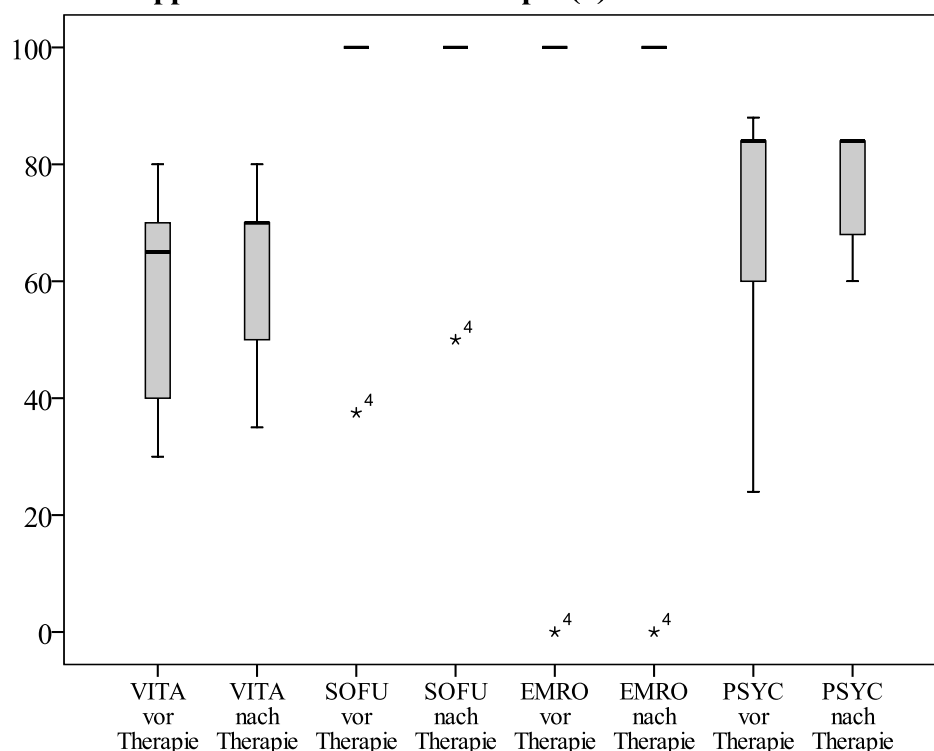


Abb. 30: SF 36 vor und nach Therapie (2)

5.3 Zustand nach Trichterbrustbehandlung: Lebensqualität und Therapiezufriedenheit

Zum Abschluss der Auswertung erfolgte die erneute Gegenüberstellung von operativ und konservativ behandelten Trichterbrustpatienten zum Vergleich der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität sowie der persönlichen Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis. Neben den beiden selbst erstellten Therapiefragebögen wurde hierzu ebenfalls der SF 36 verwendet.

5.3.1 Gesundheitsbezogene Lebensqualität

In der folgenden Auswertung der Ergebnisse sind die Patienten aus Gruppe 1a und Gruppe 2 weiterhin als Kollektiv der Saugglockenanwender zusammen gefasst und werden zum einen mit den operierten Patienten und zum anderen einer altersangepassten Normstichprobe aus dem Referenzdatensatz des SF 36 verglichen (Tab. 27-37, Abb. 31-32).

Insgesamt lagen die ermittelten Einzelskalenwerte in „Gruppe 1a/2“ und „Gruppe 3“ sehr nah an den jeweiligen Mittelwerten der Normstichprobe und zeigten ein eher heterogenes Bild.

Insbesondere die jüngeren Saugglockenanwender aus der Altersgruppe der 14- bis 20-Jährigen zeigten teilweise signifikant bessere Ergebnisse als die gleichaltrigen Patienten aus der Referenzgruppe.

Dies trifft für die Bereiche der körperlichen Funktionsfähigkeit (14-20 Jahre: $p=0,006$), der körperlichen Rollenfunktion (14-20 Jahre: $p=0,029$, 21-30 Jahre $p=0,000$), der Vitalität (14-20 Jahre: $p=0,004$), des psychischen Wohlbefindens (21-30 Jahre: $p=0,050$) sowie der körperlichen Summationsskala zu (Tab. 27-28, 31, 34-35).

In der Gruppe der 14- bis 20-Jährigen schnitten die Saugglockenanwender in fünf der Einzelskalen signifikant besser ab als die gleichaltrigen operierten Patienten. Dies betraf die körperliche Funktionsfähigkeit ($p=0,037$), das generelle Gesundheitsempfinden ($p=0,10$), die Vitalität ($p=0,034$), die soziale Funktionsfähigkeit ($p=0,042$) und das psychische Wohlbefinden ($p=0,043$) (Tab. 27, 30-32, 34). Allein im Bereich des generellen Gesundheitsempfindens erzielten die operierten Patienten in der Altersgruppe der 21- bis 30-Jährigen eine statistisch relevant höhere Punktzahl als die Saugglockenpatienten ($p=0,015$) (Tab. 30). Bei alleiniger Betrachtung der Mittelwerte lagen die Ergebnisse der konservativ behandelten Trichterbrustpatienten in den Skalen der körperlichen Funktionsfähigkeit, der körperlichen Rollenfunktion und auf der körperlichen Summationsskala in beiden Altersgruppen höher, während in den üblichen Bereichen die jüngeren Saugglockenanwender und die älteren operierten Patienten bessere Werte erzielten, dies jedoch ohne statistische Relevanz (Tab. 27-28, 35). Die 14- bis 20-jährigen Patienten aus „Gruppe 3“ erlangten auf drei Skalen signifikant schlechtere Ergebnisse als die altersangepasste Normstichprobe und „Gruppe 1a/2“. Hiervon betroffen waren die allgemeine Gesundheitswahrnehmung ($p=0,008$), die Vitalität ($p=0,004$) und die soziale Funktionsfähigkeit ($p=0,017$) (Tab. 30-32).

In den Bereichen der körperlichen Schmerzen und der emotionalen Rollenfunktion wurden keine deutlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen ersichtlich (Tab. 29, 33).

Tab. 27: Körperliche Funktionsfähigkeit

Alter	Gruppe	Anzahl	Mw	SD	Median	Min-Max	p-Wert*
14-20 Jahre	1a/2	14	98,6	2,3	100	95,0-100	1a/2 vs.3: $p=0,037$
	3	6	90,8	8,6	90,0	80,0-100	1a/2 vs. Norm: $p=0,006$
	Norm	123	94,1	16,4	100	5,0-100	3 vs. Norm: $p=0,360$
21-30 Jahre	1a/2	4	96,3	4,8	97,5	90,0-100	1a/2 vs.3: $p=0,634$
	3	10	94,5	8,6	100	75,0-100	1a/2 vs. Norm: $p=0,468$
	Norm	484	94,7	12,0	100	0,0-100	3 vs. Norm: $p=0,943$
Insgesamt	1a/2	18	98,1	3,0	100	90,0-100	
	3	16	93,1	8,5	97,5	75,0-100	
	Norm	607	94,6	13,0	100	0,0-100	

*t-Test für zwei unabhängige Stichproben, robuste Varianzschätzung

Tab. 28: Körperliche Rollenfunktion

Alter	Gruppe	Anzahl	Mw	SD	Median	Min-Max	p-Wert*
14-20 Jahre	1a/2	14	98,2	6,7	100	75,0-100	1a/2 vs. 3: p=0,232
	3	6	83,3	30,3	100	25,0-100	1a/2 vs. Norm: p=0,029
	Norm	123	92,5	21,5	100	0,0-100	3 vs. Norm: p=0,429
21-30 Jahre	1a/2	4	100,0	0,0	100	100-100	1a/2 vs. 3: p=0,195
	3	10	92,5	16,9	100	50,0-100	1a/2 vs. Norm: p=0,000
	Norm	483	89,4	25,8	100	0,0-100	3 vs. Norm: p=0,550
insgesamt	1a/2	18	98,6	5,9	100	75,0-100	
	3	16	89,1	22,3	100	25,0-100	
	Norm	606	90,0	25,0	100	0,0-100	

*t-Test für zwei unabhängige Stichproben, robuste Varianzschätzung

Tab. 29: Körperliche Schmerzen

Alter	Gruppe	Anzahl	Mw	SD	Median	Min-Max	p-Wert*
14-20 Jahre	1a/2	14	92,6	16,2	100	51,0-100	1a/2 vs. 3: p=0,507
	3	6	86,0	22,0	100	52,0-100	1a/2 vs. Norm: p=0,731
	Norm	123	91,0	20,6	100	0,0-100	3 vs. Norm: p=0,557
21-30 Jahre	1a/2	4	88,0	24,0	100	52,0-100	1a/2 vs. 3: p=0,634
	3	10	94,2	18,3	100	42,0-100	1a/2 vs. Norm: p=0,844
	Norm	483	85,9	23,6	100	0,0-100	3 vs. Norm: p=0,142
insgesamt	1a/2	18	91,6	17,5	100	51,0-100	
	3	16	91,1	19,5	100	42,0-100	
	Norm	606	87,0	23,1	100	0,0-100	

*t-Test für zwei unabhängige Stichproben, robuste Varianzschätzung

Tab. 30: Allgemeine Gesundheitswahrnehmung

Alter	Gruppe	Anzahl	Mw	SD	Median	Min-Max	p-Wert*
14-20 Jahre	1a/2	14	86,1	16,1	94,5	60,0-100	1a/2 vs. 3: p=0,010
	3	6	63,7	16,3	62,0	37,0-87,0	1a vs. Norm: p=0,198
	Norm	123	80,5	14,4	82,0	25,0-100	3 vs. Norm: p=0,008
21-30 Jahre	1a/2	4	60,3	18,1	62,0	37,0-80,0	1a/2 vs. 3: p=0,015
	3	10	86,4	10,8	89,5	67,0-100	1a/2 vs. Norm: p=0,045
	Norm	484	76,1	17,0	78,5	0,0-100	3 vs. Norm: p=0,002
insgesamt	1a/2	18	80,4	19,5	83,5	37,0-100	
	3	16	77,9	17,0	79,5	37,0-100	
	Norm	607	77,0	16,6	82,0	0,0-100	

*t-Test für zwei unabhängige Stichproben, robuste Varianzschätzung

Tab. 31: Vitalität

Alter	Gruppe	Anzahl	Mw	SD	Median	Min-Max	p-Wert*
14-20 Jahre	1a/2	14	68,2	17,4	70,0	35,0-95,0	1a/2 vs. 3: p=0,034
	3	6	45,8	21,8	42,5	25,0-80,0	1a/2 vs. Norm: p=0,721
	Norm	123	69,9	16,6	75,0	10,0-100	3 vs. Norm: p=0,004
21-30 Jahre	1a/2	4	53,8	14,9	55,0	35,0-70,0	A vs. B: p=0,416
	3	10	60,5	12,1	60,0	40,0-75,0	A vs. Norm: p=0,115
	Norm	484	64,0	17,4	65,0	5,0-100	B vs. Norm: p=0,342
insgesamt	1a/2	18	65,0	17,6	67,5	35,0-95,0	
	3	16	55,0	17,3	55,0	25,0-80,0	
	Norm	607	65,2	17,3	70,0	5,0-100	

*t-Test für zwei unabhängige Stichproben, robuste Varianzschätzung

Tab. 32: Soziale Funktionsfähigkeit

Alter	Gruppe	Anzahl	Mw	SD	Median	Min-Max	p-Wert*
14-20 Jahre	1a/2	14	93,8	14,5	100	50,0-100	1a/2 vs. 3: p=0,042
	3	6	77,1	16,6	75,0	62,5-100	1a/2 vs. Norm: p=0,771
	Norm	123	92,6	15,0	100	12,5-100	3 vs. Norm: p=0,017
21-30 Jahre	1a/2	4	65,6	40,0	68,8	25,0-100	1a/2 vs. 3: p=0,226
	3	10	90,0	11,5	93,8	75,0-100	1a/2 vs. Norm: p=0,168
	Norm	484	89,6	18,0	100	0,0-100	3 vs. Norm: p=0,920
insgesamt	1a/2	18	87,5	24,3	100	25,0-100	
	3	16	85,2	14,6	87,5	62,5-100	
	Norm	607	90,2	17,5	100	0,0-100	

*t-Test für zwei unabhängige Stichproben, robuste Varianzschätzung

Tab. 33: Emotionale Rollenfunktion

Alter	Gruppe	Anzahl	Mw	SD	Median	Min-Max	p-Wert*
14-20 Jahre	1a/2	14	88,1	28,1	100	0,0-100	1a/2 vs. 3: p=0,952
	3	6	88,9	27,2	100	33,3-100	1a/2 vs. Norm: p=0,567
	Norm	123	92,4	20,8	100	0,0-100	3 vs. Norm: p=0,735
21-30 Jahre	1a/2	4	58,3	50,0	66,7	0,0-100	1a/2 vs. 3: p=0,168
	3	10	93,3	14,1	100	66,7-100	1a/2 vs. Norm: p=0,143
	Norm	484	90,2	24,2	100	0,0-100	3 vs. Norm: p=0,476
insgesamt	1a/2	18	81,5	34,7	100	0,0-100	
	3	16	91,7	19,2	100	33,3-100	
	Norm	607	90,7	23,5	100	0,0-100	

*t-Test für zwei unabhängige Stichproben, robuste Varianzschätzung

Tab. 34: Psychisches Wohlbefinden

Alter	Gruppe	Anzahl	Mw	SD	Median	Min-Max	p-Wert*
14-20 Jahre	1a/2	14	80,6	10,0	82,0	60,0-96,0	1a/2 vs. 3: p=0,043
	3	6	66,0	15,5	68,0	44,0-84,0	1a/2 vs. 3: p=0,050
	Norm	123	74,8	14,2	76,0	12,0-100	3 vs. Norm: p=0,142
21-30 Jahre	1a/2	4	62,0	27,2	68,0	28,0-84,0	1a/2 vs. 3: p=0,232
	3	10	78,8	12,2	80,0	60,0-96,0	1a/2 vs. Norm: p=0,346
	Norm	484	73,2	16,4	76,0	20,0-100	3 vs. Norm: p=0,134
insgesamt	1a/2	18	76,4	16,5	82,0	28,0-96,0	
	3	16	74,0	14,5	78,0	44,0-96,0	
	Norm	607	73,5	16,0	76,0	12,0-100	

*t-Test für zwei unabhängige Stichproben, robuste Varianzschätzung

Tab. 35: Körperliche Summationsskala

Alter	Gruppe	Anzahl	Mw	SD	Median	Min-Max	p-Wert*
14-20 Jahre	1a/2	14	57,4	4,2	58,0	45,0-62,3	1a/2 vs. 3: p=0,091
	3	6	52,2	6,7	54,0	42,7-59,1	1a/2 vs. Norm: p=0,128
	Norm	123	55,5	5,8	57,3	35,4-64,5	3 vs. Norm: p=0,204
21-30 Jahre	1a/2	4	57,2	2,3	57,3	54,3-60,0	1a/2 vs. 3: p=0,635
	3	10	56,1	6,2	57,9	40,1-61,6	1a/2 vs. Norm: p=0,008
	Norm	482	54,3	7,3	56,6	20,5-68,7	3 vs. Norm: p=0,358
insgesamt	1a/2	18	57,3	3,8	57,9	45,0-62,3	
	3	16	54,6	6,5	57,3	40,1-61,6	
	Norm	605	54,6	7,0	56,7	20,5-68,7	

*t-Test, robuste Varianzschätzung

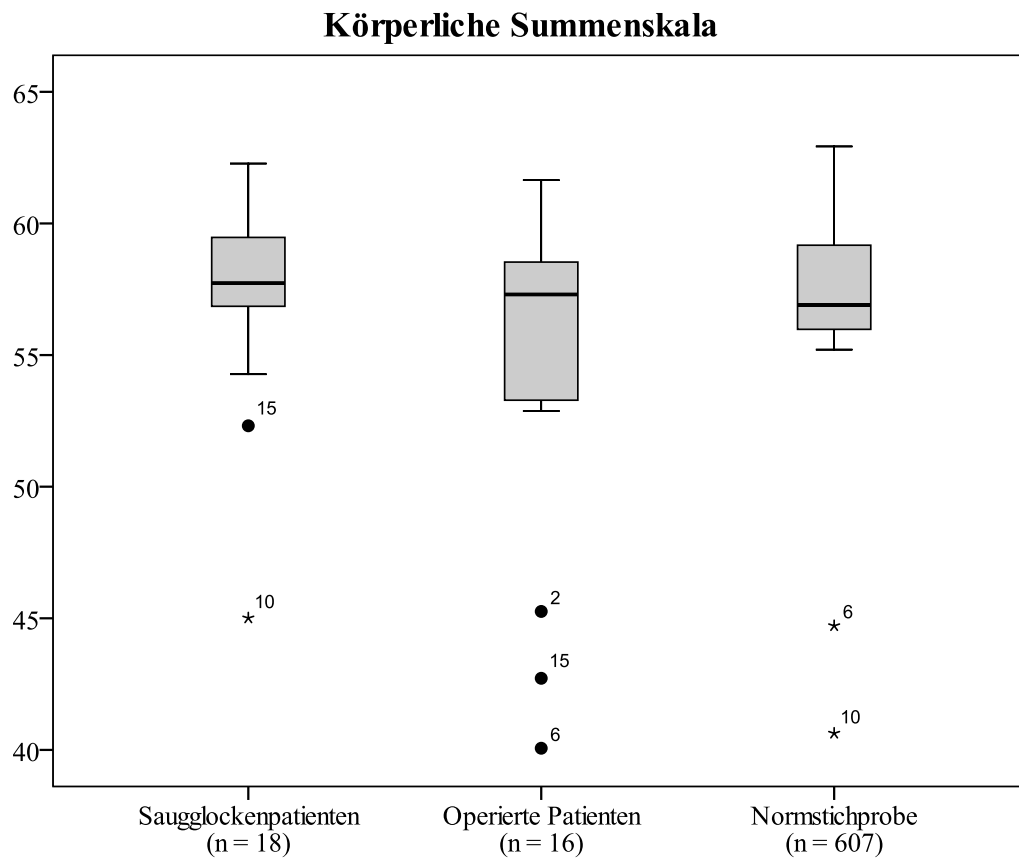


Abb. 31: Körperliche Summenskala

Tab. 36: Psychische Summenskala

Alter	Gruppe	Anzahl	Mw	SD	Median	Min-Max	p-Wert*
14-20 Jahre	1a/2	14	51,6	8,1	53,6	26,8-60,0	1a/2 vs. 3: p=0,105
	3	6	45,0	8,0	46,1	34,4-53,2	1a/2 vs. Norm: p=0,941
	Norm	123	51,5	7,2	52,9	11,9-65,1	3 vs. Norm: p=0,039
21-30 Jahre	1a/2	4	38,2	19,3	41,3	15,7-54,6	1a/2 vs. 3: p=0,192
	3	10	51,1	6,4	52,9	41,6-58,8	1a/2 vs. Norm: p=0,161
	Norm	482	50,0	8,6	52,2	13,5-68,8	3 vs. Norm: p=0,599
insgesamt	1a/2	18	48,6	12,2	53,1	15,7-60,0	
	3	16	48,8	7,4	51,1	34,4-58,8	
	Norm	605	50,3	8,3	52,5	11,9-68,8	

*t-Test, robuste Varianzschätzung

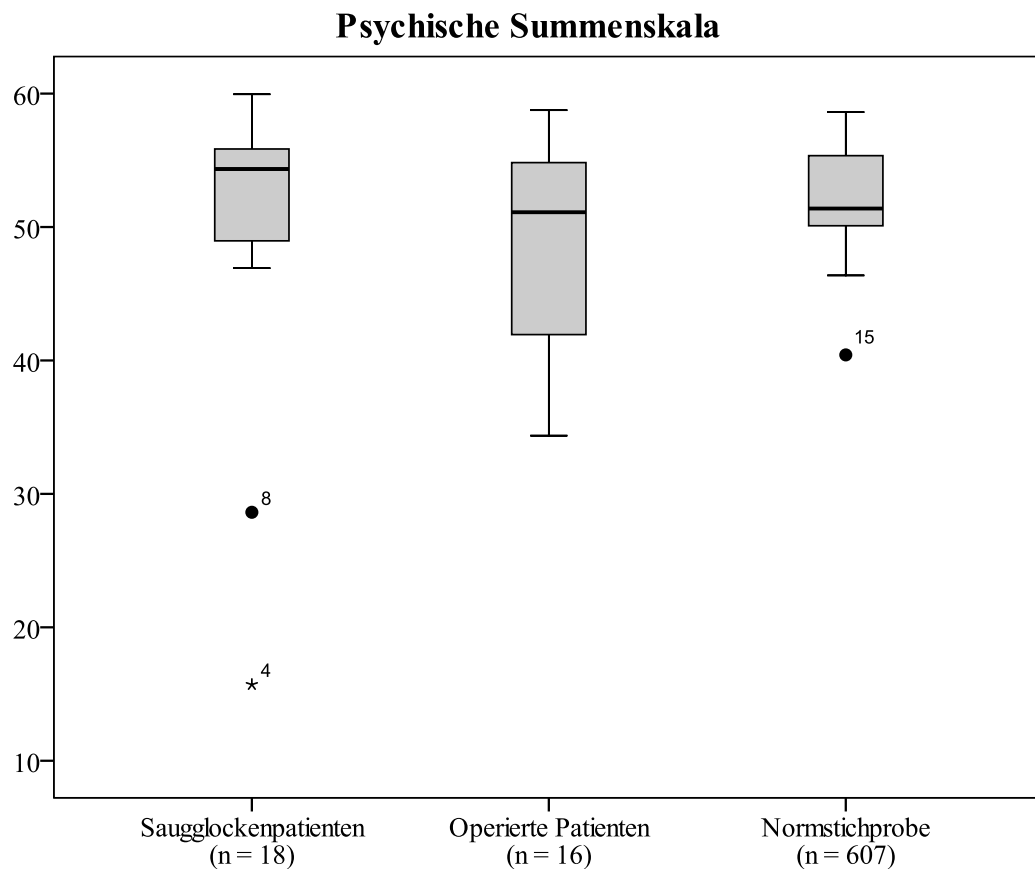


Abb. 32: Psychische Summenskala

Tab. 37: Summationsskalen SF 36 und Gruppenvergleich:

Skala	Alters-Gruppe [Jahre]	Gruppe 1a/2		Gruppe 3		Norm		Gruppenvergleich p-Wert*
		Mw	SD	Mw	SD	Mw	SD	
Psychische Summenskala	14 – 20	51,6	8,1	45,0	8,0	51,5	7,2	1a/2 vs. 3: p=0,105
								1a/2 vs. N: p=0,941
								3 vs. N: p=0,039
	21 – 30	38,2	19,3	51,1	6,4	50	8,6	1a/2 vs. 3: p=0,192 1a/2 vs. N: p=0,161 3 vs. N: p=0,599
Körperliche Summenskala	14 – 20	57,4	4,2	52,2	6,7	55,5	5,8	1a/2 vs. 3: p=0,091
								1a/2 vs. N: p=0,128
								3 vs. N: p=0,204
	21 – 30	57,2	2,3	56,1	6,2	54,3	7,3	1a/2 vs. 3: p=0,635 1a/2 vs. N: p=0,008 3 vs. N: p=0,358

*t-Test, robuste Varianzschätzung

5.3.2 Therapiezufriedenheit

5.3.2.1 Subjektives Behandlungsergebnis nach Saugglockentherapie

Die Saugglockenanwender beider Gruppen wurden zu positiven Veränderung der Trichterbrust nach der Therapie und der generellen Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis befragt.

Hierzu wurden die Patienten aufgefordert oben genannte Kriterien auf einer sechsstufigen Skala von „trifft voll zu“ bis „trifft überhaupt nicht zu“ bewerten. Im Anschluss wurde diese zur Vereinfachung, wie auch im Vorfeld bereits angewandt, auf die Kategorien „trifft zu“ und „trifft nicht zu“ zusammen gefasst.

Es zeigte sich, dass 83% der Patienten aus „Gruppe 1a“ eine Verbesserung der Brustform sahen und mit dem Behandlungsergebnis zufrieden waren.

In „Gruppe 2“ zeigte sich die Verteilung der Antwortmöglichkeiten ausgeglichener. Zwar sahen 56% eine Verbesserung der Trichterbrust, bewerteten jedoch auch 44% die Frage nach einer positiven Veränderung mit „trifft nicht zu“. Zwei dieser Patienten sahen überhaupt keine Verbesserung, wohingegen fünf der Patienten aus „Gruppe 2“ den Therapieerfolg mit „trifft voll zu“ bewerteten (Abb. 33).

Insgesamt waren 56 % der Saugglockenanwender aus dieser Gruppe mit dem Behandlungsergebnis zufrieden, von denen vier die Antwortmöglichkeit „trifft voll zu“ wählten. Von den restlichen 44 % unzufriedener Patienten aus „Gruppe 2“ stuften zwei Patienten ihre Therapiezufriedenheit mit „trifft überhaupt nicht zu“ und drei mit „trifft nicht zu“ ein.

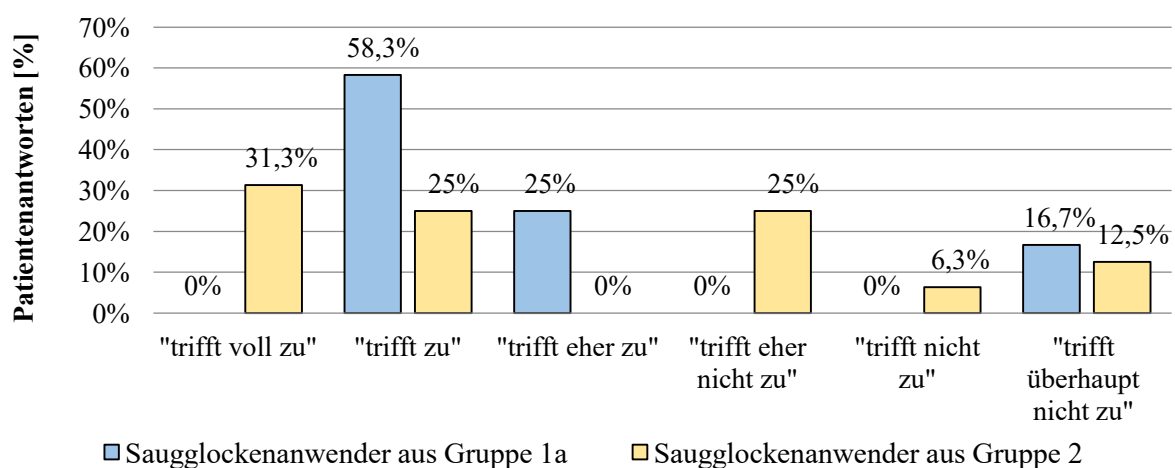


Abb. 33: Hat sich die Tiefe Ihrer Trichterbrust zum Postiven verändert?

Jeweils über 60% der Patienten aus „Gruppe 1a“ und „Gruppe 2“, die vor Anwendung der Saugglocke über körperliche Beschwerden geklagt hatten, erfuhren subjektiv im Anschluss an die Therapie eine Linderung der Symptome (Abb. 34). Nur drei Patienten aus „Gruppe 1a“ und 4 Patienten aus „Gruppe 2“ bewerteten die Verbesserung vorheriger Beeinträchtigungen mit „trifft nicht zu“ oder „trifft überhaupt nicht zu“. Des Weiteren hatten die Patienten die Möglichkeit im Freitext anzugeben, in welchem Bereich besonders deutlich eine Verbesserung zu spüren war. Es wurden unter anderem eine Reduktion der Luftnot, ein Rückgang des Engegefühles in der Brust sowie eine verbesserte Körperhaltung angegeben.

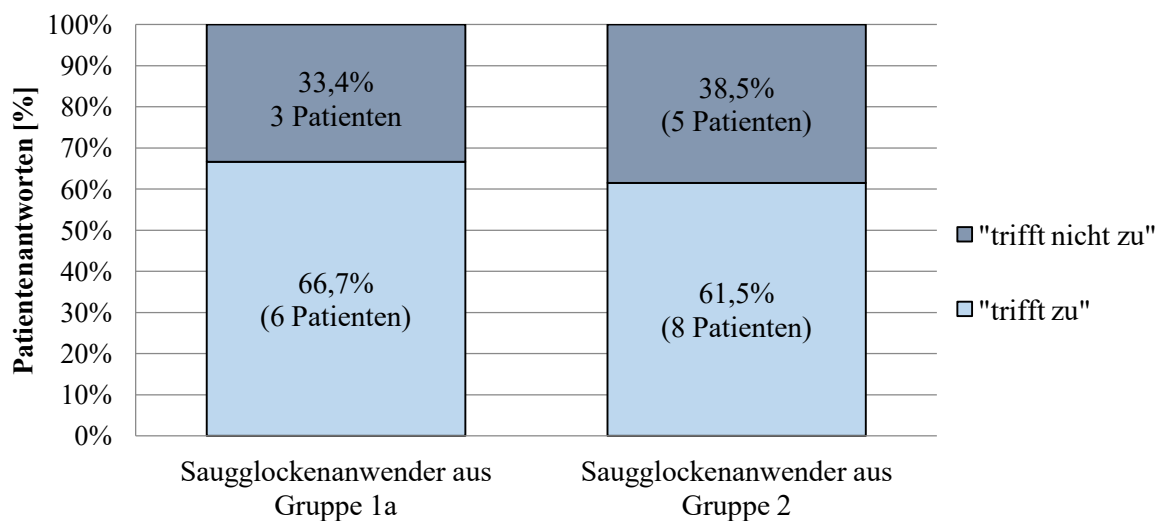


Abb. 34: Haben sich vorherige Beeinträchtigungen verbessert?*

*Patienten, die mit "irrelevant, da vorher keine Beeinträchtigungen" auf diese Frage geantwortet hatten, wurden in der Graphik nicht berücksichtigt.

5.3.2.2 Subjektives Behandlungsergebnis nach Operation

Die Befragung der operierten Patienten zu Therapiezufriedenheit erfolgte anhand derselben Fragen, die auch bei den Saugglockenanwendern zum Einsatz kamen.

Fast 90 % der operierten Patienten empfanden nach dem Eingriff eine positive Veränderung der Trichterbrust (Abb. 35). Ein Drittel der Patienten bewertete diese Frage mit „trifft voll zu“. Nur zwei der 18 Patienten empfanden keine positive Veränderung.

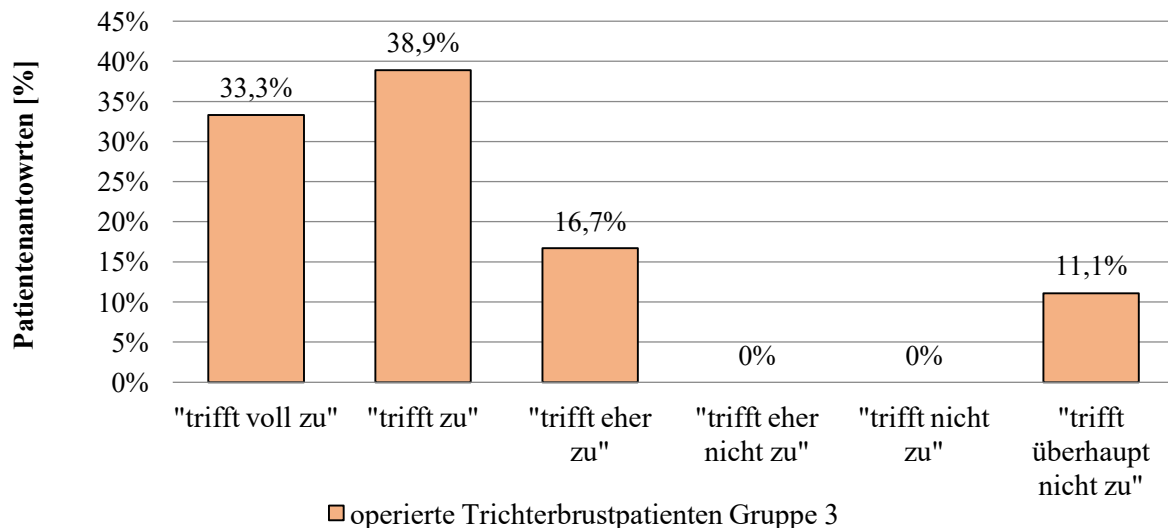


Abb. 35: Hat sich die Tiefe Ihrer Trichterbrust zum Positiven verändert?

Ebenfalls über 85% der Patienten, die vor der Operation körperliche Beeinträchtigungen durch die Trichterbrust erfahren hatten, empfanden nach dem Eingriff eine Verbesserung der Symptome. Nur zwei Patienten sahen keinerlei positive Veränderung. Auch hier wurden die Patienten gebeten, im Freitext den Bereich mit der größten Verbesserung zu benennen. Angegeben wurden eine verbesserte Körperhaltung (2x), ein Rückgang der Schwindelgefühle (1x), Herzrhythmusstörungen (1x), Atemnot (1x) und Schmerzen sowie eine Verbesserung der körperlichen Belastbarkeit (2x) und des seelischen Befindens (1x).

Zuletzt wurden die Patienten zur generellen Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis befragt (Abb. 36). Über 80 % der operierten Trichterbrustpatienten waren mit ihrem Behandlungsergebnis zufrieden und bewerteten dies mit „trifft zu“, „trifft voll zu“ oder „trifft eher zu“. Nur drei der operierten Patienten waren nach dem Eingriff unzufrieden.

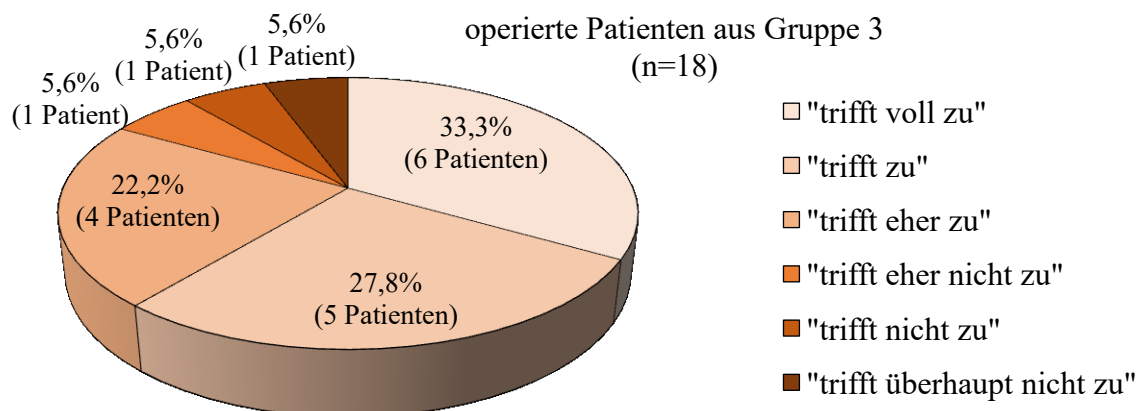


Abb. 36: Sind Sie mit dem Endergebnis Ihrer Behandlung zufrieden?

5.3.3 Vergleich Saugglockenpatienten vs. operierte Patienten

Abschließend erfolgte der Vergleich der konservativ und operativ behandelten Trichterbrustpatienten untereinander. Die Patienten der Gruppe 1a und 2 wurden hierfür erneut zum Kollektiv der „Saugglockenanwender“ zusammen gefasst.

Tab. 38: Hat sich die Tiefe Ihrer Trichterbrust zum Positiven verändert?

	Gruppe 1a/2 (n=28)	Gruppe 3 (n=18)	p-Wert*
trifft nicht zu	9 (32,1%)	2 (11,1%)	0,160
trifft zu	19 (67,9%)	16 (88,9%)	

*p-Wert des exakten Fisher-Tests, Dichotomisierung der Antwortmöglichkeiten

Bezüglich der Frage nach der positiven Veränderung der Trichterbrust nach Therapie zeigte sich in der Auswertung kein signifikanter Unterschied zwischen den Vergleichsgruppen ($p=0,160$) (Tab. 38). Der überwiegende Teil der Saugglockenpatienten sowie die Mehrzahl der Bügelpatienten empfanden eine Verbesserung der Trichterbrust, wobei im Vergleich zur operierten Gruppe auf die Frage nach einer positiven Veränderung mehr Saugglockenanwender mit „trifft überhaupt nicht zu“ antworteten (32,1% vs. 11,1%).

Insgesamt waren die Antwortmöglichkeiten bei den konservativ behandelten Trichterbrustpatienten heterogener verteilt, während nur sehr wenige operierten Patienten überhaupt keine Verbesserung sahen.

Tendenziell empfanden auch mehr Bügelpatienten eine Verbesserung vorheriger Beeinträchtigungen, jedoch war dies ähnlich wie in den anderen Fragen statistisch nicht signifikant ($p = 0,153$) (Tab. 39).

Tab. 39: Haben sich vorherige Beeinträchtigungen verbessert?**

	Gruppe 1a/2 (n=22)	Gruppe 3 (n=15)	p-Wert*
trifft nicht zu	8 (36,4%)	2 (13,3%)	0,153
trifft zu	14 (63,6%)	13 (86,7%)	

* p-Wert des exakten Fisher-Tests

**Patienten, die mit "irrelevant, da vorher nicht beeinträchtigt" auf diese Frage antworteten, werden in der Tabelle nicht berücksichtigt.

Letztlich bestätigte sich in der Frage nach der allgemeinen Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis, dass sowohl die Mehrzahl der operierten als auch der konservativ behandelten Patienten mit dem Endergebnis der Therapie zufrieden waren (Tab. 40). In der detaillierten Aufschlüsselung bestand bei den Saugglockenpatienten eine deutlich inhomogenere Verteilung der Antwortmöglichkeiten, mit mehr Antworten auf der negativen Seite („trifft nicht zu“ 32,1 % Saugglockenanwender vs. 16,7 % operierte Patienten).

Auch wenn deutlich mehr Bügelpatienten mit „trifft voll zu“, „trifft zu“ und „trifft eher zu“ geantwortet haben und ein größerer Anteil an Saugglockenpatienten eher unzufrieden waren, stellte sich statistisch kein signifikanter Unterschied dar ($p = 0,315$).

Tab. 40: Sind Sie mit dem Endergebnis Ihrer Behandlung zufrieden?

	Gruppe 1a/2 (n=22)	Gruppe 3 (n=15)	p-Wert*
trifft nicht zu	9 (32,1%)	3 (16,7%)	
trifft zu	19 (67,9%)	15 (83,3%)	0,315

*p-Wert des exakten Fisher-Tests

6. Diskussion

Ziel dieser Untersuchung war es die Saugglockentherapie nach Klobe, als Alternative zur Nuss-Operation, kritisch zu hinterfragen und ihre Wirksamkeit anhand objektiver Kriterien zu überprüfen. Neben Anwendbarkeit, Nebenwirkungsprofil und Alltagstauglichkeit wurden die Zufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis und die subjektive Verbesserung des optischen Befundes bei einer vergleichbaren Gruppe von Saugglockenanwendern und operierten Trichterbrustpatienten retrospektiv erfragt. Des Weiteren erfolgte im Rahmen einer Anwendungsbeobachtung die Erfassung von Thoraxkonfiguration, Lungenfunktion und subjektiver gesundheitsbezogener Lebensqualität vor und nach Saugglockentherapie.

Die bisherigen Erfahrungen mit der Saugglocke beruhen weitgehend auf den Untersuchungen von Schier et al. sowie Haecker et al. aus den Jahren 2005 bis 2011, welche als Erste den klinischen Einsatz der Saugglocke in Deutschland und der Schweiz vorantrieben und an 60 bzw. 133 pädiatrischen und adulten Patienten erprobten. Zuletzt veröffentlichte Lopez et al. die vorläufigen Behandlungsergebnisse weiterer 73 Saugglockenanwender zwischen 3 und 40 Jahren aus Frankreich.

Im Vergleich der Behandlungsmethoden stellte sich zunächst die Frage, in wie weit die Saugglocke tatsächlich in der Anwendung weniger einschränkend und nebenwirkungsärmer als ein operativer Eingriff ist.

Laut dem Hersteller wird eine tägliche Nutzung über zwei Mal 30 Minuten empfohlen. In den voran gegangenen Studien wurde diese Tragezeit von einigen Patienten auf bis zu zwölf Stunden täglich ausgeweitet (Haecker 2011, Lopez et al. 2016). An Nebenwirkungen konnten diverse Hautveränderungen, Druckgefühle im Thorax, leichte Brust- und Rückenschmerzen, moderate subkutane Blutungen und transiente Parästhesien im Bereich der Extremitäten beobachtet werden (Schier et al. 2005, Klobe 2010a, Haecker 2011, Lopez et al. 2016).

Dennoch zeigten fast alle Untersuchten nach Angaben der Autoren eine sehr gute Compliance und waren hochmotiviert die Therapie auch längerfristig fortzusetzen (Schier et al. 2005, Haecker 2011, Lopez et al. 2016).

Bei den 28 im Rahmen dieser Studie befragten Trichterbrustpatienten zeichnete sich keine so eindeutige Positionierung ab. Zwar wurde die Saugglocke bei der Mehrheit der Anwender regelmäßig oder häufig genutzt, es fühlte sich jedoch auch fast die Hälfte von ihnen dadurch im Alltag eingeschränkt. Da fast gleich viele Nutzer mit gleicher Anwendungsdauer und -frequenz keine erhebliche Beeinträchtigung empfanden, ist eine verallgemeinernde Aussage zur Alltagstauglichkeit nicht möglich. Die Therapie selbst wurde überwiegend als

„problemlos und schmerzfrei“ wahrgenommen und bis zu 50% der Saugglockenpatienten empfanden es angenehm eigenständig über Anwendungshäufigkeit und Tragedauer bestimmen zu können. Schlussfolgernd scheint die subjektive Einschränkung durch die Saugglocke eher von der persönlichen Belastungsschwelle des Patienten abhängig zu sein und nicht vorrangig von den Therapiemodalitäten. Für die meisten Patienten war eine tägliche Anwendungszeit von ein bis zwei Stunden gut in den Tagesablauf integrierbar. Auch für die häufigen Anwender, bei denen maximale Tragezeiten von bis zu vier Stunden erreicht wurden, stellte dies nicht zwingend eine Einschränkung dar, obwohl 62,5% dieser Patienten die Anwendung als „unangenehm, aber ertragbar“ empfanden. Die mangelnden Therapievorgaben führten offensichtlich bei den Wenigsten zu Verunsicherungen, sodass die Freiheit des Patienten, selbst über die Intensität der Anwendung bestimmen zu können, vermutlich die eher positive Einschätzung bewirkte.

Interessanterweise wichen die Antworten der operierten Trichterbrustpatienten in der Befragung zum allgemeinen Therapieempfinden nicht wesentlich von denen der Saugglockenpatienten ab. Im Vergleich zur ausschließlich ambulant durchgeführten Saugglockenbehandlung zieht eine Nuss-Operation unweigerlich einen mehrtägigen Krankenhausaufenthalt zur Implantation des Metallbügels sowie eine erneute Operation für dessen Entfernung nach sich. Die mittlere stationäre Verweildauer nach dem primären Eingriff liegt hierbei, laut einem erst kürzlich veröffentlichten Review-Artikel von Johnson et al. mit 1500 pädiatrischen und 262 adulten Patienten aus 30 Studien, im Mittel bei 6,1 – 7,3 Tagen (Johnson et al. 2014). An 2,5 bis 3 Tagen war bei diesen Patienten eine peridurale Anästhesie zur Kupierung der Schmerzen notwendig. Die hier untersuchten, operierten Patienten verblieben durchschnittlich 8,5 Tage stationär, zur Analgesie kamen ebenfalls ein Periduralkatheter sowie peripher wirksame Analgetika i.v. und per os zum Einsatz. Mit 50% empfand die Hälfte der Patienten diese Zeit als unangenehm und litt unter stärkeren Schmerzen, während 22,2 % sogar sehr starke Schmerzen angaben und sich nur schwer an den Bügel gewöhnen konnten.

Obwohl den Patienten nach der Operation verschiedene Restriktionen auferlegt wurden, wie ein generelles Sportverbot über drei Monate und auch folgend die Vermeidung bestimmter Sportarten, fühlte sich die Mehrheit im Anschluss an die Zeit im Krankenhaus nicht wesentlich durch das Implantat eingeschränkt. Die gesamte Therapiezeit bis zum Befragungszeitpunkt bzw. bis zur Explantation des Bügels wurde mehrheitlich als „problemlos und schmerzfrei“ beschrieben, von einem Drittel als „unangenehm, aber ertragbar“ und nur von den wenigsten Patienten mit „stark gelitten“ bewertet.

Diese Verteilung der Antwortmöglichkeiten deckte sich prozentual weitestgehend mit denen der Saugglockenanwender und unterschied sich nicht signifikant. Im Alltag schienen sich sogar tendenziell weniger Patienten durch den Bügel eingeschränkt gefühlt zu haben. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte in der täglichen Anwendung der Saugglocke über einen mehrjährigen Zeitraum liegen, da dies zwar unkompliziert jedoch langwierig ist. Auch stellen sich tatsächliche Erfolge erst langsam ein. Bei den Saugglockenpatienten dieser Untersuchung ließ sich eine permanente Hebung des Brustbeines zumeist innerhalb von sechs Monaten Therapie beobachten, allerdings nahm dies bei einigen auch einen Zeitraum von einem Jahr und länger in Anspruch. Im Gegensatz hierzu kommt es im Anschluss an die Nuss-Operation zu einem sofortigen Ausgleich des Trichters mit mehrheitlich exzellenten kosmetischen Ergebnissen (Nuss 2008).

Ebenfalls auf das Therapieempfinden einflussnehmend könnte die unterschiedliche Bandbreite an negativen Begleiterscheinungen der operativen und konservativen Behandlungsmethode sein. Über 85% der untersuchten Saugglockenanwender gaben an Nebenwirkungen durch die Therapie erfahren zu haben. Diese äußerten sich in Form von Hämatomen (60,7%), Missempfindungen (21,4%), Schmerzen (28,6%) und einem Druckgefühl im Brustbereich während der Anwendung (39,29%) und decken sich mit den Angaben der Studien von Haecker und Schier (Schier et al. 2005, Haecker 2011). Die Patienten der Untersuchung von Lopez et al. berichteten vergleichsweise nur über kleine Einschränkungen wie punktförmige Hauteinblutungen (Lopez et al. 2016).

In Anbetracht der möglichen Komplikationen durch eine Nuss-Operation wirken solche Beschwerden eher geringfügig, jedoch könnten die optische Beeinträchtigung durch Hautverfärbungen und Petechien sowie die tägliche Konfrontation mit Sensibilitätsstörungen und Schmerzen eine nicht unerhebliche Belastung für den Einzelnen dargestellt haben.

Nüchtern betrachtet stehen Hämatome und potentiell lebensbedrohliche Komplikationen hierbei dennoch nicht im Verhältnis zueinander. Laut dem von Johnson et al. veröffentlichten Bericht traten bei 27,1 % der Patienten der adulten Gruppe und 38% der pädiatrischen Gruppe Komplikationen auf, welche in 5,3% bzw. 6,3 % der Fälle eine erneute Operation notwendig machten (Johnson et al. 2014). Jeweils etwa 6% waren auf eine Dislokation des Metallbügels zurückzuführen. Sonst überwogen das Auftreten eines Pneumo- oder Hämatothorax sowie von Wundheilungsstörungen und -seromen. Eine 2008 veröffentlichte prospektive Studie von Castellani et al. mit 167 operierten Trichterbrustpatienten beschrieb sogar bei 73% der Fälle ein ähnliches Spektrum an unerwünschten Begleiterscheinungen, jedoch auch das Auftreten

schwerwiegender Zwischenfälle wie der intraoperativen Perforation des Herzens, einer Verletzung der Leber sowie schwerer Infektionen des Metallbügels (Castellani et al. 2008). Von Park et al. wurden zusätzlich Perikardergüsse und Entzündungen des Herzbeutels beschrieben (Park et al. 2004). In seltenen Situationen kam es in der Vergangenheit peri- und postoperativ zu letalen Komplikationen (Gips et al. 2008, Bouchard et al. 2009, Schaarschmidt et al. 2013).

Bei vier der operierten Patienten aus „Gruppe 3“ kam es im Verlauf zu einer Bügeldislokation, welche einen erneuten Eingriff notwendig machte. Ein Patient wies nach dem Eingriff einen Pneumothorax sowie eine Pneumonie mit drainagebedürftigen Pleuraergüssen auf und zog sich unter antibiotischer Behandlung eine Enterokolitis mit *Clostridium difficile* zu. In der Befragung gab nur ein Patient an nach dem stationären Aufenthalt keinerlei Einschränkungen durch den Bügel erfahren zu haben. Alle anderen berichteten über verschiedene Nebenwirkungen. Bei 66,7% kam es zu Druckgefühlen im Thorax, bei 61,1% zu Schmerzen und in Einzelfällen zu Atemnot, Sensibilitätsstörungen, Kreislaufproblemen und Wundheilungsstörungen.

Zusammenfassend litten die Patienten aller Gruppen mehrheitlich unter negativen Begleiterscheinungen durch die jeweilige Therapie, allerdings stellt sich das Spektrum an möglichen Nebenwirkungen und Komplikationen durch eine operative Trichterbrustkorrektur größer, im Ausmaß schwerwiegender und risikoreicher dar.

Im nächsten Schritt wurde der Einfluss der Saugglocke auf Thoraxform, Lungenfunktion und gesundheitsbezogene Lebensqualität betrachtet. Die Ausprägung der Trichterbrust in der Untersuchungsgruppe unterschied sich vor Therapiebeginn erheblich. Anhand des anthropometrischen Indexes betrachtet, bei dem laut den Erstbeschreibern ein cut-off-Wert von 0,12 cm/cm als Trennlinie zwischen Trichterbrust und normaler Thoraxform festgelegt wurde, bewegten sich die hier untersuchten Patienten mit einem mittleren Index von 0,15 cm/cm knapp oberhalb der festgelegten Grenze (Rebeis et al. 2007). Die Spannbreite des Einzelnen variierte jedoch stark, sodass auch Werte bis 0,28 cm/cm beobachtet werden konnten. Bei einer durchschnittlichen Trichtertiefe von 2,2 cm, einem mittleren Volumen von 53 ml und anhand des klinischen Gesamteindrucks musste jeweils von einer für den Patienten relevanten kosmetischen Beeinträchtigung ausgegangen werden. Diese rechtfertigte eine Behandlung, stellte jedoch nicht zwingend eine Indikation zum operativen Eingriff dar, sodass die Patienten in ihrem Wunsch nach der Saugglockentherapie unterstützt werden konnten.

In allen drei Vermessungskriterien zeigte sich im Mittel zur zweiten Vermessung eine geringfügige, jedoch statistisch signifikante, Verbesserung der Parameter (Trichtertiefe $p = 0,010$, anthropometrischer Index $p = 0,005$, Trichtervolumen $p=0,003$). Zusätzlich erfuhren die Patienten subjektiv eine deutliche Verbesserung der Körperhaltung. Bei einer Patientin kam es zu einer Zunahme der Trichtertiefe um 0,6 cm zum zweiten Vermessungszeitpunkt. Die Saugglocke wurde in diesem Fall jedoch nur sporadisch angewendet und die Behandlung aufgrund zu starker Nebenwirkungen (Schmerzen während der Anwendung) abgebrochen. Es ist also davon auszugehen, dass die Zunahme der Trichtertiefe in diesem Fall eher einen wachstumsbedingten Prozess darstellte und nicht auf die Therapie zurück zu führen ist. Bei allen anderen Patienten ließ sich ein Rückgang des Trichters verzeichnen, im Einzelfall mit dem dramatischen Resultat einer Verminderung des Volumens um fast 100 ml und einer Abnahme der Tiefe um 1,5 cm nach sechs Monaten Therapie.

Dies stellte jedoch eher eine Ausnahmeerscheinung dar. Im Mittel konnte ein Rückgang der Trichtertiefe um 0,6 cm, des anthropometrischen Indexes um 0,04 cm/cm und des Trichtervolumens um 25 ml beobachtet werden. Kritisch ist hierbei die Genauigkeit der verwendeten Untersuchungsmethoden zu bewerten. Trotz sehr sorgsamer Ausführung der körperlichen Vermessung wie unter 4.3.1 beschrieben, muss von einem weniger vergleichbaren Resultat ausgegangen werden als es im Rahmen bildgebender Verfahren möglich gewesen wäre. Der anthropometrische Index erwies sich sowohl in der Anwendung als auch bezüglich des Vorher-Nachher-Vergleiches als sehr günstiger Parameter, birgt jedoch kleinere Fehlerquellen. So wies eine Untersuchung von Rebeis et al. die Abhängigkeit des anthropometrischen Indexes vom Geschlecht und Alter des Patienten nach, der auf das beginnende Brustwachstum von weiblichen Patienten ab einem Alter vom etwa 11 Jahren zurück zu führen ist (Rebeis et al. 2013). Die hier untersuchten Patientinnen zeigten einen sehr kleinen Busen (Tanner Stadium B 1 – 3) und wurden innerhalb eines relativ kurzen Zeitraumes beobachtet. Ein Einfluss auf die Vermessung ist somit zwar nicht gänzlich auszuschließen, jedoch eher unwahrscheinlich. Auch die Instillation von Flüssigkeit in den Trichter ist mit Ungenauigkeiten verbunden und als alleinige Methode zur Erfassung der Ausprägung einer Trichterbrust weniger geeignet.

Da sich dennoch in allen Vermessungsmethoden eine Besserungstendenz abzeichnete, kann davon ausgegangen werden, dass die Saugglockentherapie tatsächlich einen positiven Effekt auf die Thoraxform von Trichterbrustpatienten hat. Dies deckt sich mit den Untersuchungen von Schier, Haecker und Lopez sowie den Angaben des Herstellers, wobei die Vermessungsergebnisse der hier vorliegenden Studie weniger deutlich ausfielen als die der

benannten Autoren (Schier et al. 2005, Haecker 2011, Lopez et al. 2016). Eventuell könnte dies auf den durchschnittlich kürzeren Therapiezeitraum bis zu dem zum Vorher-Nachher-Vergleich genutzten Untersuchungstermin sowie die kleinere Anzahl an untersuchten Patienten zurück zu führen sein. Dagegen spricht jedoch, dass in den Studien von Haecker und Schier über eine Abnahme des Trichters bei allen Patienten um mindestens einen Zentimeter nach nur ein bis drei Monaten Therapie berichtet wurde. Die Patienten dieser Anwendungsbeobachtung waren durchschnittlich jünger, jedoch liegen bisher keine Beweise für ein altersabhängiges Therapieergebnis vor. Keine der genannten Studien geht näher auf die gewählten Verfahren zur Vermessung des Trichters ein, sodass ein direkter Vergleich der Methoden nicht möglich ist. Auch bleibt unklar wie lange die Saugglocke in den Studien von Haecker und Schier bei den einzelnen Patienten tatsächlich getragen wurde und in wie weit das Ergebnis der Behandlung hiervon abhängig ist. Bis auf eine Patientin nutzten sämtliche Saugglockenanwender dieser Anwendungsbeobachtung die Saugglocke regelmäßig bis häufig, sodass die empfohlene Therapiefrequenz gewährleistet war. Es scheint realistisch, dass eine intensivere Anwendung das Behandlungsergebnis positiv beeinflussen könnte, sodass eventuell ein ausgedehnterer täglicher Tragezeitraum sinnvoll wäre. Beispielsweise zeigten beide „häufigen“ Anwender der Beobachtungsgruppe gute Therapieergebnisse, mit einem Rückgang der Trichtertiefe um 0,4 bzw. 1 cm, des anthropometrischen Indexes um 0,03 und 0,07 cm/cm und des Volumens um 10 und 50 ml. Um eine fundierte Aussage hierzu treffen zu können wäre jedoch eine wesentlich größere Patientenanzahl notwendig. In der Studie von Lopez betrug die tägliche Tragedauer im Mittel mindestens 4 Stunden, in einzelnen Fällen bis zu 12 Stunden und somit deutlich mehr als in den Untersuchungen von Haecker und Schier, welche 1 bis 3 Stunden empfehlen (Lopez et al. 2016). Nach 6 Monaten zeigte sich ein Rückgang der Trichtertiefe um durchschnittlich 0,8-1,1 cm, sodass hier ein Zusammenhang zwischen Tragezeit und Behandlungserfolg gesehen werden könnte. Zuletzt bleibt zu erwähnen, dass die Saugglockentherapie zwar offensichtlich zu einem gewissen Ausgleich des Trichters führen kann, die Ergebnisse jedoch zumindest in der vorliegenden Untersuchung nicht so deutlich ausfielen wie es im Rahmen einer operativen Korrektur zu erwarten gewesen wäre.

Bisher liegen keine Studien zum Einfluss der Saugglockentherapie auf die Lungenfunktion von Trichterbrustpatienten vor. Tatsächlich gibt es in der aktuellen Literatur keinen Konsensus darüber, in wie weit die Trichterbrust einen Einfluss auf verschiedene Ventilationsparameter hat. Zwar werden oftmals Symptome wie Atemnot, reduzierte Belastbarkeit und schnellere Erschöpfung angegeben, korreliert dies jedoch nicht immer mit

den objektiven klinischen Untersuchungsbefunden in Spirometrie und Bodyplethysmographie (Kubiak et al. 2007). Mehrere Veröffentlichungen von Malek et al. betonen zudem den größeren Einfluss der reduzierten kardiovaskulären Antwortmöglichkeit von Trichterbrustpatienten auf körperliche Anstrengungen und die unbefriedigenden Untersuchungsbedingungen in den bisher vorliegenden Studien, da die Lungenfunktionsprüfung zumeist nur in Ruhe erfolgt, größere Effekte jedoch unter Belastung zu erwarten sind (Malek et al. 2003, Malek et al. 2006a). Entsprechend heterogen stellen sich die Ergebnisse der voran gegangenen klinischen Untersuchungen hierzu dar. Es kann davon ausgegangen werden, dass Trichterbrustpatienten eine deutlich höhere Wahrscheinlichkeit für auffällige Lungenfunktionsparameter haben als gesunde Gleichaltrige (Coskun et al. 2010). Die Zuordnung dieser Auffälligkeiten und die Bemessung eines Krankheitswertes gelingen jedoch nicht so klar. Koumbourlis beschreibt für 54% von 103 untersuchten Patienten eine normale Befundkonstellation, während 41% eine Obstruktion und 5% eine Restriktion vorwiesen (Koumbourlis 2009). In einer von Lawson et al. publizierten Studie zeigten 14,5 % der 310 Patienten ein restriktives Muster und nur 2% ein obstruktives Muster (Lawson et al. 2011). Es konnte zusätzlich in dieser Untersuchung eine Korrelation zwischen Schweregrad der Trichterbrust und pathologischer Lungenfunktion nachgewiesen werden. Weitere Studien erfassten durchschnittlich leicht reduzierte Ventilationsparameter, insbesondere im Bereich der relativen Einsekundenkapazität (FEV1) und Vitalkapazität (VC), welche sich zwischen unterer Norm und knapp 80% der alters-, geschlechts- und größenangepassten Referenzwerte bewegten (Borowitz et al. 2003, Bawazir et al. 2005, Lawson et al. 2005, Sigalet et al. 2007, Castellani et al. 2010, Tang et al. 2011, Maagaard et al. 2013).

Die zwanzig in der vorliegenden Arbeit hierzu untersuchten Trichterbrustpatienten zeigten zu 35% ein normales Ventilationsmuster, zu 50% restriktive Parameter und in 15% ein gemischt obstruktiv-restriktives Bild. Eine solche Verteilung spiegelte sich auch bei jenen neun Patienten der Anwendungsbeobachtung wieder, die neben der Spirometrie auch eine Bodyplethysmografie vorwiesen. Körperliche Einschränkungen vor Therapiebeginn wurden von 25% der Patienten angegeben, hiervon litten zwei der Befragten unter Atemnot und drei unter einer verminderten Belastbarkeit bzw. schnelleren Ermüdbarkeit.

Die Werte für VC, FEV1, MEF 25 und TLC befanden sich durchschnittlich im unteren Normbereich und knapp darunter (VC Mw 73,2%, Min-Max 52,5-91,7%; FEV1 Mw 81,9%, Min-Max 61,2-97%; MEF 25 Mw 71,2%, Min-Max 33,1-114,2%; TLC Mw 89,2%, Min-Max 60,4-115,4%). Letzteres deckt sich mit den Angaben der oben genannten Studien, jedoch ist die eigentliche Verteilung der Ventilationsmuster hiervon abweichend. Es ist nicht

auszuschließen, dass die wesentlich kleinere Anzahl untersuchter Patienten hierauf einen Einfluss genommen hat. Eine weitere mögliche Begründung könnte in den unterschiedlichen Definitionen der restriktiven und obstruktiven Muster liegen. Die hier vorgenommene Einteilung orientierte sich an den Vorgaben der ATS/ERS Task Force („American Thoracic Society / European Respiratory Society“) und der aktuellen Fachliteratur (Pellegrino et al. 2005, Haber 2013). Beispielsweise Lawson et al. nimmt eine leicht abweichende Kategorisierung vor, wohingegen andere Publikationen überhaupt nicht auf die Kriterien zur Festlegung des Ventilationsmusters eingehen und ein Vergleich der Methoden somit kaum möglich ist (Kubiak et al. 2007, Lawson et al. 2011). Ziel der Untersuchungen war in diesen Fällen vordergründig der Vergleich des prä- und postoperativen Befundes nach den jeweiligen Korrekturingriffen.

Der positive Effekt der minimal invasiven Trichterbrustkorrektur nach Nuss auf die Lungenfunktion konnte bisher nicht eindeutig nachgewiesen werden. Jayaramakrishnan et al. veröffentlichte 2013 ein „best evidence topic“ zu dieser Fragestellung und stellte nach Einschluss von 22 Veröffentlichungen eine Verschlechterung der Lungenfunktion in der ersten postoperativen Phase sowie eine geringfügige, jedoch statistisch signifikante Verbesserung im Verlauf fest (Jayaramakrishnan et al. 2013). Die einzelne Studienlage hierzu ist inhomogen. Eine Metaanalyse von Chen et al. aus dem Jahr 2012 kommt zu einem ähnlichen Schluss wie Jayaramakrishnan, da sich in den 23 ausgewählten Studien insgesamt eine postoperative Verbesserung von FEV1, VC und TLC zeigte (Chen et al. 2012). Keine signifikante Veränderung dieser Parameter sahen hingegen Aronson et al. im Vorher-Nachher-Vergleich von 203 operierten Patienten sechs Monate nach dem Eingriff oder Malek et al. in einer Metaanalyse von 12 Studien mit insgesamt 313 Patienten (Malek et al. 2006a, Aronson et al. 2007).

Da eine postoperative Lungenfunktionsprüfung bei den operierten Patienten dieser Befragung nicht routinemäßig durchgeführt wurde und der Fokus auf dem möglichen Effekt der Saugglockentherapie lag, ist eine direkte Gegenüberstellung mit den Angaben der erörterten Studien nicht möglich. Vielmehr interessierte die Frage, in wie weit die Saugglocke, welche einem der Nuss-Operation ähnlichem Prinzip der Hebung des Brustbeines folgt, zu einer Veränderung der erhobenen Werte führen könnte. Tatsächlich zeigte sich nach der Therapie eine wesentliche Verbesserung einzelner Parameter. Vitalkapazität und forcierte expiratorische Einsekundenkapazität nahmen um durchschnittlich 10,1% bzw. 8,1% zu, im Einzelfall sogar um 20,3% bzw. 17,9%. Dies unterschied sich signifikant von den voran

gegangenen Werten (VC: $p=0,028$; FEV1: $p=0,015$). Im Bereich der totalen Lungenkapazität konnte bei vier der neun Patienten eine Zunahme um 14,4% bis 36,7% beobachtet werden, dies betraf jedoch nicht alle Untersuchten. Das Ventilationsmuster wechselte bei drei zuvor als restriktiv eingestuften Patienten hin zu einem normalen Befund, während diese mit gemischt restriktiv-obstruktiven Werten zwar eine Steigerung der Vitalkapazität, jedoch keine generelle Veränderung des Ergebnisses erfuhren. Die nur mittels Spirometrie untersuchten Patienten wiesen im Anschluss an die Therapie insgesamt eine unauffällige Lungenfunktionsprüfung auf.

Geht man also davon aus, dass die Ventilation durch die Fehlbildung des Brustbeines und somit veränderter Thoraxexkursion beeinträchtigt ist und eine Hebung desselben zu einer Verbesserung dieses Vorganges führt, ist der Saugglocke ein gewisser positiver Effekt auf die Lungenfunktion zuzusprechen und die beobachteten Veränderung könnten hierauf zurück zu führen sein. Wie bereits erwähnt, konnten Studien zu diesem Thema bei operierten Patienten eine ähnliche Wirkung nachweisen. Kubiak et al. sowie Lawson et al. beschrieben einen deutlichen Einfluss der Trichterbrust auf die maximalen expiratorischen Flusswerte, insbesondere auf den MEF 25, welches auf einen erhöhten Atemwegswiderstand in den kleinen Luftwegen zurückgeführt wurde und nach operativer Behandlung eine Verbesserung zeigte (Kubiak et al. 2007, Lawson et al. 2011). Der MEF 25 der hier untersuchten Patienten befand sich vor der Therapie im Mittel bei 71,1 % der angenommenen Norm und im Anschluss an die Behandlung bei 81,2 %, erfuhr also ähnlich den genannten Studien eine durchschnittliche Besserung um 10,1 %, wenn auch ohne statistisch signifikanten Unterschied. Eine Broncholyse wurde bei vier der neun Patienten durchgeführt und zeigte bei zwei Patienten ein positives Ansprechen. Zumindest in diesen Fällen ist von einer stärkeren Beeinflussung des Ergebnisses durch reaktive Atemwege auszugehen. Bei den Untersuchungen ohne Broncholyse kann ein ähnlicher Effekt nicht ausgeschlossen werden, sodass offen bleibt wie stark die maximalen expiratorischen Flusswerte in dieser Untersuchung durch die Thoraxform beeinflusst wurden. Zu einem ähnlichen Schluss kamen auch Lawson et al. in der kritischen Hinterfragung ihrer Befunde.

Zusätzlichen Einfluss auf die gesteigerten Werte könnten die generell verbesserte Körperhaltung nach der Therapie und das gesteigerte Selbstbewusstsein im Anschluss an erste optische Erfolge gehabt haben. Da Spirometrie und Bodyplethysmographie nicht zuletzt von der Compliance des Untersuchten abhängig sind, wäre es möglich, dass neben organischen Verbesserungen auch die äußeren Begleitumstände einen Einfluss auf die Ergebnisse hatten.

Weiterhin wurde die Untersuchung bei fast allen Patienten erstmalig durchgeführt, sodass ein gewisser Gewöhnungseffekt nicht ausgeschlossen ist. Letztlich bedingt die nur geringe Patientenzahl erneut statistisch weniger solide Aussagen, sodass eine größere Untersuchungsgruppe für eine endgültige Positionierung notwendig ist.

Empfehlenswert wäre es daher, die Lungenfunktionsprüfung als Teil der Standarddiagnostik vor Saugglockentherapie zu etablieren und anhand eines größeren Patientenkollektives auf ihren Einfluss zu untersuchen.

Rein subjektiv empfanden etwa 64% aller befragten Saugglockenanwender, die vor der Therapie körperliche Einschränkungen durch die Trichterbrust erfahren hatten, im Anschluss an die Behandlung eine Verbesserung der Beeinträchtigungen. Dies kann jedoch vermutlich nicht allein auf die verbesserte Lungenfunktion einzelner Patienten zurückgeführt werden. Wie unter anderem von Malek et al., Coln et al., Beiser et al. und Maagaard et al. beschrieben, ist wahrscheinlich ein nicht unerheblicher Anteil der empfundenen Einschränkungen, wie zum Beispiel eine schnellere Erschöpfung und reduzierte Belastbarkeit, auf eine Kompression kardialer Strukturen und somit verminderter Adaptionsfähigkeit des Herzens unter Anstrengung zurück zu führen (Beiser et al. 1972, Coln et al. 2006, Malek et al. 2006b, Maagaard et al. 2013). Diese würde mit Hebung des Brustbeines ebenfalls eine Linderung erfahren und stellt einen weiteren möglichen Erklärungsansatz dar.

Nicht zuletzt ist es wahrscheinlich, dass auch eine Verbesserung des psychischen Empfindens positiv auf das körperliche Befinden eingewirkt haben könnte.

Da der Trichterbrust neben körperlichen Beeinträchtigungen auch immer wieder die Alteration des psychischen Wohlbefindens unterstellt wird, wurde der Einfluss auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität als multidimensionales Konstrukt zur Erfassung des emotionalen, körperlichen und sozialen Befindens der Patienten mittlerweile in mehreren Studien und anhand verschiedener Testverfahren erforscht (Lawson et al. 2003, Roberts et al. 2003, Krasopoulos et al. 2006, Kelly et al. 2008, Lam et al. 2008, Jacobsen et al. 2010, Kim et al. 2011, Soares et al. 2012).

Es konnte ein erhöhtes Risiko für Kinder- und Jugendliche nachgewiesen werden, psychische Auffälligkeiten wie Angststörungen, Depressionen oder sozialen Rückzug zu entwickeln (Ji et al. 2011). Dies korrelierte mit dem Alter der Betroffenen (>12-16 Jahre), dem Schweregrad der Trichterbrust und dem Auftreten von Hänseleien durch Gleichaltrige (Ji et al. 2011). Mit dem Einsetzen der Pubertät und der Entwicklung eines Bewusstseins für den eigenen Körper

wurde von den Patienten über ein verstärktes Schamgefühl und dem Vermeiden des Entkleidens in der Öffentlichkeit berichtet. Bei vielen jungen Männern konnten ein gestörtes Körperbild sowie ein reduziertes Selbstbewusstsein nachgewiesen werden (Steinmann et al. 2011). Da die Messinstrumente dieser Studien zumeist spezifisch auf die Trichterbrust und ihre operative Behandlung ausgelegt waren und nicht krankheitsübergreifend konstruiert wurden, liegen bisher keine ausreichenden Vergleichsdaten zur Normbevölkerung vor. Mehrere Untersuchungen beschäftigten sich zwar mit der subjektiven Verbesserung psychosozialer Parameter nach der Nuss-Operation, aber es konnten nur wenige Studien Referenzwerte zu einer angepassten Kontrollgruppe oder eine vor dem Eingriff getroffene Selbsteinschätzung des Patienten vorweisen (Kelly et al. 2008, Lam et al. 2008).

Offen bleibt also, wie stark die subjektive Beeinträchtigung von Trichterbrustpatienten sich im Vergleich zu nicht betroffenen Gleichaltrigen auf die Lebensqualität auswirkt und in wie weit dies durch eine Behandlung beeinflusst werden kann. Zur ansatzweisen Beantwortung dieser Fragen kam in der hier vorgestellten Untersuchung der „Short Form 36 Health Survey Questionnaire“, kurz „SF 36“, in den einzelnen Untersuchungsgruppen zum Einsatz.

Die Gesamtheit der bis dahin noch unbehandelten Trichterbrustpatienten, also Gruppe 1, zeigte zum Befragungszeitpunkt durchweg hohe Werte auf den Subskalen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Nur in der Kategorie „Vitalität“ schnitten sie signifikant schlechter ab als die nicht betroffenen Gleichaltrigen. Dies widerspricht dem Untersuchungsergebnis einer Studie von Steinmann et al., welche im Bereich der körperlichen Summationsskala maßgeblich schlechtere Ergebnisse im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe nachwies (Steinmann et al. 2011). Mit im Mittel 56 Punkten lagen die hier untersuchten Trichterbrustpatienten sogar knapp über dem Ergebnis der Normstichprobe aus dem deutschen Gesundheitssurvey (55,5 Punkte) und den bei Steinmann vorgestellten Probanden (52,5 Punkte). Bei sämtlichen dort befragten Trichterbrustpatienten wurde jedoch auch bereits vor Aufnahme in die Studie eine Indikation zur operativen Korrektur gesehen und deren Planung begonnen. Die Befragung fand zwar vor dem Eingriff statt, jedoch kann davon ausgegangen werden, dass die Patienten unter einem größeren Leidensdruck standen und somit auch schlechter im SF 36 abschnitten. Hingegen stellten sich die Patienten aus Gruppe 1 mit dem primären Wunsch einer konservativen Behandlung vor und es entschlossen sich immerhin 60,5% der Befragten gegen jede Form einer weiteren Therapie.

Dies weist auf eine große Heterogenität innerhalb der Trichterbrustpatienten hin, was einen eindeutigen Vergleich der Gruppen stark erschwert. Zwar leiden alle betroffenen Patienten

unter ein und derselben körperlichen Fehlbildung, diese ist jedoch in ihrer Ausprägung sehr unterschiedlich und der eigentliche Wunsch zur Behandlung wahrscheinlich multifaktoriell bedingt. Da nur jene Patienten in den Radar klinischer Studien geraten, die zumindest Interesse an einer Korrektur der Trichterbrust aufweisen, könnte ein verzerrtes Bild zu dem eigentlichen Ausmaß der psychischen Beeinträchtigungen entstehen. Die Korrelation zu dem Schweregrad der Trichterbrust und den sozialen Begleitbedingungen müsste daher stärker in der Diagnostik und Indikationsstellung berücksichtigt werden, bevor verallgemeinernd von einer alltagsrelevanten Belastung ausgegangen wird.

Altersbedingt konnte leider mehr als die Hälfte der Saugglockenanwender der Anwendungsbeobachtungsgruppe nicht an der Befragung mit dem SF 36 teilnehmen. Aufgrund der Erfahrungen der Vergangenheit (s. Patienten Gruppe 2, retrospektive Befragung Saugglockenanwender, mittleres Alter zu Therapiebeginn 15,6 Jahre) war während der Planung der Untersuchung von einem höheren Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Erstvorstellung auszugehen. Durch die sehr hohen Gütekriterien, der mehrdimensionalen Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität, der krankheitsübergreifenden Ausrichtung und den bereits vorhanden Referenzwerten einer Normstichprobe, fiel die Entscheidung deshalb auf den SF36 (Morfeld et al. 2012).

Direkte Vorher-Nachher-Ergebnisse liegen in Folge dessen nur bei fünf Patienten vor, sodass der statistische Nachweis wesentlicher Unterschiede stark erschwert war und letztlich nicht gelang. Auf einzelnen Skalen kam es durchschnittlich dennoch zu einer Verbesserung, so zum Beispiel im Bereich des psychischen Wohlbefindens, der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung und der Vitalität. Eine zuverlässige Aussage dazu, in wie weit die Saugglockentherapie in diesen Fällen einen positiven Einfluss auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität hatte, lässt sich aufgrund der geringen Patientenzahl nicht treffen. Bisher liegen keine anderen Untersuchungen diesbezüglich vor, sodass weitere Studien folgen müssen bevor eine abschließende Aussage möglich ist. In Anbetracht des teilweise sehr jungen Alters der Saugglockenanwender sollten hierfür neben dem SF 36 auch Messinstrumente für Kinder, wie der CHQ („Child Health Questionnaire“) oder der KINDL („Fragebogen zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität von Kindern und Jugendlichen“) verwendet werden (Bullinger 1994, Landgraf 1996). Ersterer wurde bereits in mindestens zwei Studien zur operativen Trichterbrustkorrektur eingesetzt, sodass gewisse Vergleichserfahrungen im Umgang mit dem Bogen vorliegen, vorausgesetzt wird jedoch eine Bearbeitungsdauer von 35 Minuten (Lam et al. 2008, Jacobsen et al. 2010). Zum KINDL ist

eine Kurzform mit nur 12 Items vorliegend. Es konnten eine sehr hohe Reliabilität, Validität und Akzeptanz nachgewiesen werden und es existieren verschiedene Altersmodule (Ravens-Sieberer 2000).

Anhand diverser zumeist krankheitsspezifischer Fragebögen, wie dem „PEEQ“ („Pectus Excavatum Evaluation Questionnaire“) bzw. „NQ“ („Nuss Questionnaire“) von Lawson et al. oder dem durch Krasopoulos et al. entwickelten „SSQ“ („Single Step Questionnaire“), konnte bei operierten Trichterbrustpatienten eine Verbesserung des physischen und psychischen Wohlbefindens im Anschluss an die Behandlung nachgewiesen werden (Lawson et al. 2003, Krasopoulos et al. 2006). Geht man also davon aus, dass zumindest die operative Therapie einen positiven Einfluss auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität hat, wären auch bei den hier untersuchten chirurgischen Patienten der Norm angenäherte Werte zu erwarten gewesen.

Im Vergleich der Gesamtheit aller konservativ und operativ behandelten Trichterbrustpatienten nach Therapie zeigten sich auf der körperlichen Summationsskala tatsächlich teils signifikant höhere Werte bei den Saugglockenanwendern, als bei den gleichaltrigen operierten Patienten und der Normstichprobe (Saugglockenanwender vs. Norm, Altersgruppe 14-20 J.: $p=0,008$). Hingegen schnitten auf der psychischen Summationsskala die 21- bis 30-jährigen operierten Patienten besser ab, als die konservativ Behandelten und die Vergleichsgruppe (operierte Patienten vs. Norm Altersgruppe 21-30 J.: $p=0,039$). Da jedoch zu beiden Patientenkollektiven keine Befunde vor Behandlung vorlagen, die Unterschiede in den Punktzahlen gering und Fallzahlen eher klein waren, ist eine valide Interpretation dieser Ergebnisse kaum möglich. Man könnte in Zusammenschau der anderen Ergebnissen dieser Untersuchung und den Resultaten voran gegangener Studien eventuell so argumentieren, dass die Saugglockenpatienten vermutlich auch im Vorfeld der Therapie keine wesentlichen körperlichen Einschränkungen zeigten und die operierten Patienten nach erfolgreichem Eingriff nun ein besseres psychisches Wohlbefinden vorweisen. Diese These lässt sich jedoch anhand der vorliegenden Befunde nicht ausreichend belegen, sodass weitere Untersuchungen notwendig sein werden. Diesbezüglich sollte in jedem Fall das subjektive Empfinden der Patienten vor und nach der Behandlung erfasst werden, da nur so sichere Aussagen zu einer Veränderung getroffen werden können. Ein generisches Messinstrument wie der SF 36, also ein krankheitsübergreifender Fragebogen, scheint hierbei sinnvoll, um dem Vergleich mit bzw. die Relativierung zur gesunden Normpopulation möglich zu machen.

Sowohl in den Studien von Haecker, Schier und Lopez zur Saugglockentherapie als auch in den im Vorfeld erwähnten Untersuchungen zur Lebensqualität nach Nuss-Operation, äußerte

die absolute Mehrheit der Patienten mit dem Behandlungsergebnis zufrieden zu sein (Schier et al. 2005, Haecker 2011, Lopez et al. 2016). In ähnlicher Weise konnte dies auch bei den hier befragten Patienten bestätigt werden. Der Großteil der konservativ und operativ behandelten Trichterbrustpatienten empfand eine positive Veränderung der Trichterbrust sowie eine Verbesserung vorher bestehender Beeinträchtigungen. Prozentual überwogen die positiven Antworten jeweils auf Seiten der operierten Patienten, jedoch ohne statistisch signifikanten Unterschied und mit ähnlicher Verteilung der Antwortmöglichkeiten. Dies traf ebenfalls für die generelle Therapiezufriedenheit zu.

Da trotz ähnlicher demografischer Daten und gleichem Krankheitsbild von relevanten Unterschieden und verschiedenen beeinflussenden Faktoren innerhalb der zwei Gruppen ausgegangen werden muss, ist ein Vergleich dieser Ergebnisse erneut nur eingeschränkt möglich. Die Ursachen für eine Unzufriedenheit mit dem Behandlungsergebnis könnten sehr unterschiedlich ausfallen und zum Beispiel bei den Saugglockenpatienten eher auf subjektiv mangelnde kosmetische Resultate zurück zu führen sein, während bei den operierten Patienten eventuell zu starke Nebenwirkungen ausschlaggebend waren.

Des Weiteren ist die Ausprägung der Trichterbrust nicht einheitlich bei allen Patienten vor Therapie erfasst, sodass eventuell unterschiedliche Grundvoraussetzungen und divergierende Erwartungshaltungen bestanden.

Im Wesentlichen scheinen jedoch beide Therapieformen zumeist zu einem individuell zufrieden stellenden Ergebnis und einer optischen Verbesserung der Trichterbrust geführt zu haben.

7. Schlussfolgerungen

Folgende konkrete Schlussfolgerungen konnten anhand der erhobenen Daten und vor dem Spiegel der aktuellen Literatur gezogen werden:

Sowohl Trichterbrustpatienten als auch operierte Patienten erleben während des Behandlungszeitraumes Nebenwirkungen durch die Therapie und fühlen sich im Alltag eingeschränkt. Tatsächlich empfinden sogar tendenziell mehr Saugglockenpatienten hierbei eine Beeinträchtigung. Objektiv betrachtet überwiegt jedoch das Risiko schwerer Komplikationen auf Seiten der operativen Korrektur.

Es konnte mittels objektiver Kriterien ein positiver Einfluss der Saugglocke auf die Form des Brustkorbes von Trichterbrustpatienten nachgewiesen werden, auch wenn die Befunde hierbei nicht so eindrucklich ausfielen, wie es nach einer operativen Korrektur zu erwarten gewesen wäre. Des Weiteren wurde eine Verbesserung einzelner Lungenfunktionsparameter sowie bei Patienten mit restriktivem Muster, ein Rückgang desselben beobachtet. Dies könnte auf eine Hebung des Sternums und dadurch bedingter verbesserter Ventilation zurückzuführen sein, ist vermutlich jedoch multifaktoriell begründet.

Sowohl die konservative als auch die operative Behandlung können subjektiv zu einer Verbesserung vorbestehender körperlicher Beeinträchtigungen führen. In dieser Untersuchung schienen die operierten Patienten im Vorfeld häufiger unter Einschränkungen gelitten zu haben.

Eine Verbesserung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität zeigte sich nach Saugglockentherapie angedeutet in einzelnen Bereichen, war jedoch nicht maßgeblich. Dies ist am ehesten auf die bereits im Vorfeld zumeist guten Ergebnisse zurückzuführen.

Trichterbrustpatienten müssen nicht zwingend unter einer reduzierten Lebensqualität leiden. Das Ausmaß der subjektiven Belastung ist vermutlich auch durch die Ausprägung der Trichterbrust beeinflusst. Bevor eine verallgemeinernde Aussage hierzu getroffen werden kann, müssen weitere, ein breites Spektrum von Patienten mit unterschiedlichem Schweregrad der Fehlbildung umfassende, Untersuchungen folgen.

Beide Behandlungsmethoden können zu einer subjektiven Verbesserung des kosmetischen Befundes und zu einer guten Zufriedenheit mit dem Endergebnis führen. Relevante Unterschiede zwischen operativer Korrektur und Saugglockenbehandlung konnten diesbezüglich nicht erfasst werden.

Die Saugglockentherapie nach Klobe könnte in Anbetracht dieser Ergebnisse eine ernstzunehmende Alternative zur Behandlung der Trichterbrust sein. Insbesondere für jene Patienten, bei denen keine zwingende Operationsindikation besteht oder die einen solchen Eingriff fürchten, steht eine in der Anwendung einfache und risikoarme Therapie zur Verfügung. Eine Kostenübernahme durch die Krankenkassen wäre wünschenswert um die Saugglocken einem breiteren Patientenkreis zugänglich zu machen, vorher werden jedoch mehrere breit angelegte Studien folgen müssen, die Effektivität und Nutzen weiterführend bestätigen.

Literaturverzeichnis

- Albertal M, Vallejos J, Bellia G, Millan C, Rabinovich F, Buela E, Bignon H, Martinez-Ferro M. 2013. Changes in chest compression indexes with breathing underestimate surgical candidacy in patients with pectus excavatum: a computed tomography pilot study. *J Pediatr Surg*, 48 (10):2011-2016.
- Alexander J. 1931. Traumatic Pectus Excavatum. *Ann Surg*, 93 (2):489-500.
- Aloi I, Braguglia A, Inserra A. 2009. Pectus excavatum. *Paediatrics And Child Health*, 19 (52):132-140.
- Anger J, Alcalde RF, de Campos JR. 2014. The use of soft silicone solid implant molded intraoperatively for pectus excavatum surgical repair. *Einstein (Sao Paulo)*, 12 (2):186-190.
- Aronson DC, Bosgraaf RP, Merz EM, van Steenwijk RP, van Aalderen WM, van Baren R. 2007. Lung function after the minimal invasive pectus excavatum repair (Nuss procedure). *World J Surg*, 31 (7):1518-1522.
- Ashour M, Rafay M, Saleh W, Ahmed M, Robaidi H, Alamassi M, Al Kattan K. 2015. Fate of allogenic bone graft for sternal support in pectus excavatum repair. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*, 23 (8):961-965.
- Bauhinus J. 1594. *Observationum medicarum, rararum, novarum, admirabilium, et mostrosarum, liber secundus. Departibus vitalibus, thorace contentis. Oberservation.* Frankfurt.
- Bawazir OA, Montgomery M, Harder J, Sigalet DL. 2005. Midterm evaluation of cardiopulmonary effects of closed repair for pectus excavatum. *J Pediatr Surg*, 40 (5):863-867.
- Becmeur F, Ferreira CG, Haecker FM, Schneider A, Lacreuse I. 2011. Pectus excavatum repair according to Nuss: is it safe to place a retrosternal bar by a transpleural approach, under thoracoscopic vision? *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 21 (8):757-761.
- Beiser GD, Epstein SE, Stampfer M, Goldstein RE, Noland SP, Levitsky S. 1972. Impairment of cardiac function in patients with pectus excavatum, with improvement after operative correction. *N Engl J Med*, 287 (6):267-272.
- Betti S, Ciuti G, Ricotti L, Ghionzoli M, Cavallo F, Messineo A, Menciasci A. 2014. A sensorized Nuss bar for patient-specific treatment of Pectus Excavatum. *Sensors (Basel)*, 14 (10):18096-18113.
- Birkemeier KL, Podberesky DJ, Salisbury S, Serai S. 2011. Breathe in... breathe out... stop breathing: does phase of respiration affect the Haller index in patients with pectus excavatum? *AJR Am J Roentgenol*, 197 (5):W934-939.
- Borowitz D, Cerny F, Zallen G, Sharp J, Burke M, Gross K, Glick PL. 2003. Pulmonary function and exercise response in patients with pectus excavatum after Nuss repair. *J Pediatr Surg*, 38 (4):544-547.
- Bouchard S, Hong AR, Gilchrist BF, Kuenzler KA. 2009. Catastrophic cardiac injuries encountered during the minimally invasive repair of pectus excavatum. *Semin Pediatr Surg*, 18 (2):66-72.
- Brigato RR, Campos JR, Jatene FB, Moreira LF, Rebeis EB. 2008. Pectus excavatum: evaluation of Nuss technique by objective methods. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 7 (6):1084-1088.
- Brochhausen C, Turial S, Muller FK, Schmitt VH, Coerdts W, Wihlm JM, Schier F, Kirkpatrick CJ. 2012. Pectus excavatum: history, hypotheses and treatment options. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 14 (6):801-806.
- Bullinger M. 1996. [Assessment of health related quality of life with the SF-36 Health Survey]. *Rehabilitation (Stuttg)*, 35 (3):XXVII-XXVII; quiz XXVII-XXIX.

- Bullinger M, Mackensen S., Kirchberger I. 1994. KINDL - ein Fragebogen zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität von Kindern Zeitschrift für Gesundheitspsychologie, 2:64-67.
- Bullinger MK, I. 1998. SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand: Handbuch für die deutschsprachige Fragebogenversion. Göttingen: Hogrefe Verlag
- Castellani C, Schalamon J, Saxena AK, Hoellwarth ME. 2008. Early complications of the Nuss procedure for pectus excavatum: a prospective study. *Pediatr Surg Int*, 24 (6):659-666.
- Castellani C, Windhaber J, Schober PH, Hoellwarth ME. 2010. Exercise performance testing in patients with pectus excavatum before and after Nuss procedure. *Pediatr Surg Int*, 26 (7):659-663.
- Chao CJ, Jaroszewski DE, Kumar PN, Ewais MM, Appleton CP, Mookadam F, Gotway MB, Naqvi TZ. 2015. Surgical repair of pectus excavatum relieves right heart chamber compression and improves cardiac output in adult patients-an intraoperative transesophageal echocardiographic study. *Am J Surg*, 210 (6):1118-1125.
- Chen Z, Amos EB, Luo H, Su C, Zhong B, Zou J, Lei Y. 2012. Comparative pulmonary functional recovery after Nuss and Ravitch procedures for pectus excavatum repair: a meta-analysis. *J Cardiothorac Surg*, 7:101.
- Cingel V, Bohac M, Mestanova V, Zabojsnikova L, Varga I. 2013. Poland syndrome: from embryological basis to plastic surgery. *Surg Radiol Anat*, 35 (8):639-646.
- Coln E, Carrasco J, Coln D. 2006. Demonstrating relief of cardiac compression with the Nuss minimally invasive repair for pectus excavatum. *J Pediatr Surg*, 41 (4):683-686; discussion 683-686.
- Coskun ZK, Turgut HB, Demirsoy S, Cansu A. 2010. The prevalence and effects of Pectus Excavatum and Pectus Carinatum on the respiratory function in children between 7-14 years old. *Indian J Pediatr*, 77 (9):1017-1019.
- Creswick HA, Stacey MW, Kelly RE, Jr., Gustin T, Nuss D, Harvey H, Goretsky MJ, Vasser E, Welch JC, Mitchell K, Proud VK. 2006. Family study of the inheritance of pectus excavatum. *J Pediatr Surg*, 41 (10):1699-1703.
- Criée CP, Heise D, Kardos P, Köhler D, Leupold W, Magnussen H, Marek W, Merget R, Mitfessel H, Rolke M, Sorichter S, Worth H, Wuthe H. 2009. Empfehlungen zur Ganzkörperplethysmographie Bad Lippspringe: Dustri-Verlag Dr. Karl Feistle GmbH & Co. KG.
- David EA, Marshall MB. 2010. Skin sparing modified Ravitch repair for pectus excavatum. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 11 (3):226-227.
- David VL, Izvernariu DA, Popoiu CM, Puiu M, Boia ES. 2011. Morphologic, morphometrical and histochemical proprieties of the costal cartilage in children with pectus excavatum. *Rom J Morphol Embryol*, 52 (2):625-629.
- Dayer R, Haumont T, Belaieff W, Lascombes P. 2013. Idiopathic scoliosis: etiological concepts and hypotheses. *J Child Orthop*, 7 (1):11-16.
- Dietz HC. 1993. Marfan Syndrome. In: Pagon RA, Bird TD, Dolan CR, Stephens K, Adam MP, Hrsg. *GeneReviews*. Seattle (WA).
- Dorner RA, Keil PG, Schissel DJ. 1950. Pectus excavatum; case report with pre- and postoperative angiocardigraphic studies. *J Thorac Surg*, 20 (3):444-453.
- Ebstein E. 1909. Über die angeborene und erworbene Trichterbrust. *Sammlung klinischer Vorträge*. Leipzig, 541-542.
- Eggel. 1870. Eine seltene Missbildung des Thorax. In: Reimer G, Hrsg. *Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medizin*. Berlin Virchow, R, 230-236.
- Einsiedel E, Clausner A. 1999. Funnel chest. Psychological and psychosomatic aspects in children, youngsters, and young adults. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 40 (5):733-736.

- Feng J, Hu T, Liu W, Zhang S, Tang Y, Chen R, Jiang X, Wei F. 2001. The biomechanical, morphologic, and histochemical properties of the costal cartilages in children with pectus excavatum. *Journal of pediatric surgery*, 36 (12):1770-1776.
- Flesch M. 1873. Über eine seltene Missbildung des Thorax. In: Reimer G, Hrsg. *Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medizin*. Berlin Virchow, R, 289-294.
- Fokin A, Robicsek F, Watts L, Tickle T, Bennett K, Bahrani-Mostafavi Z, Masters T. 2008. Genetic analysis of connective tissue in patients with congenital thoracic abnormalities. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 7:56.
- Fokin A, Robicsek F. 2002. Poland's syndrome revisited. *Ann Thorac Surg*, 74 (6):2218-2225.
- Fokin A, Steuerwald NM, Ahrens WA, Allen KE. 2009. Anatomical, histologic, and genetic characteristics of congenital chest wall deformities. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 21 (1):44-57.
- Frantz FW. 2011. Indications and guidelines for pectus excavatum repair. *Curr Opin Pediatr*, 23 (4):486-491.
- Funk JF, Gross C, Placzek R. 2011. Patient satisfaction and clinical results 10 years after modified open thoracoplasty for pectus deformities. *Langenbecks Arch Surg*, 396 (8):1213-1220.
- Gips H, Zaitsev K, Hiss J. 2008. Cardiac perforation by a pectus bar after surgical correction of pectus excavatum: case report and review of the literature. *Pediatr Surg Int*, 24 (5):617-620.
- Haber P. 2013. *Lungenfunktion und Spiroergometrie: Interpretation und Befunderstellung* Wien: Springer Verlag.
- Haecker FM. 2011. The vacuum bell for conservative treatment of pectus excavatum: the Basle experience. *Pediatr Surg Int*, 27 (6):623-627.
- Harrison MR, Estefan-Ventura D, Fechter R, Moran AM, Jr., Christensen D. 2007. Magnetic Mini-Mover Procedure for pectus excavatum: I. Development, design, and simulations for feasibility and safety. *J Pediatr Surg*, 42 (1):81-85; discussion 85-86.
- Harrison MR, Gonzales KD, Bratton BJ, Christensen D, Curran PF, Fechter R, Hirose S. 2012. Magnetic mini-mover procedure for pectus excavatum III: safety and efficacy in a Food and Drug Administration-sponsored clinical trial. *J Pediatr Surg*, 47 (1):154-159.
- Hong JY, Suh SW, Park HJ, Kim YH, Park YH, Park SY. 2011. Correlations of Adolescent Idiopathic Scoliosis and Pectus Excavatum. *Pediatr Orthop*, 31 (8):870-874.
- Jacobsen EB, Thastum M, Jeppesen JH, Pilegaard HK. 2010. Health-related quality of life in children and adolescents undergoing surgery for pectus excavatum. *Eur J Pediatr Surg*, 20 (2):85-91.
- Jayaramakrishnan K, Wotton R, Bradley A, Naidu B. 2013. Does repair of pectus excavatum improve cardiopulmonary function? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 16 (6):865-870.
- Ji Y, Liu W, Chen S, Xu B, Tang Y, Wang X, Yang G, Cao L. 2011. Assessment of psychosocial functioning and its risk factors in children with pectus excavatum. *Health Qual Life Outcomes*, 9:28.
- Johnson WR, Fedor D, Singhal S. 2014. Systematic review of surgical treatment techniques for adult and pediatric patients with pectus excavatum. *J Cardiothorac Surg*, 9 (1):25.
- Kelly RE, Jr. 2008. Pectus excavatum: historical background, clinical picture, preoperative evaluation and criteria for operation. *Semin Pediatr Surg*, 17 (3):181-193.
- Kelly RE, Jr., Lawson ML, Paidas CN, Hruban RH. 2005. Pectus excavatum in a 112-year autopsy series: anatomic findings and the effect on survival. *J Pediatr Surg*, 40 (8):1275-1278.

- Kelly RE, Jr., Shamberger RC, Mellins RB, Mitchell KK, Lawson ML, Oldham K, Azizkhan RG, Hebra AV, Nuss D, Goretsky MJ, Sharp RJ, Holcomb GW, 3rd, Shim WK, Megison SM, Moss RL, Fecteau AH, Colombani PM, Bagley TC, Moskowitz AB. 2007. Prospective multicenter study of surgical correction of pectus excavatum: design, perioperative complications, pain, and baseline pulmonary function facilitated by internet-based data collection. *J Am Coll Surg*, 205 (2):205-216.
- Kelly RE, Jr., Cash TF, Shamberger RC, Mitchell KK, Mellins RB, Lawson ML, Oldham K, Azizkhan RG, Hebra AV, Nuss D, Goretsky MJ, Sharp RJ, Holcomb GW, 3rd, Shim WK, Megison SM, Moss RL, Fecteau AH, Colombani PM, Bagley T, Quinn A, Moskowitz AB. 2008. Surgical repair of pectus excavatum markedly improves body image and perceived ability for physical activity: multicenter study. *Pediatrics*, 122 (6):1218-1222.
- Kim HK, Shim JH, Choi KS, Choi YH. 2011. The quality of life after bar removal in patients after the nuss procedure for pectus excavatum. *World J Surg*, 35 (7):1656-1661.
- Kim M, Lee KY, Park HJ, Kim HY, Kang EY, Oh YW, Seo BK, Je BK, Choi EJ. 2009. Development of new cardiac deformity indexes for pectus excavatum on computed tomography: feasibility for pre- and post-operative evaluation. *Yonsei Med J*, 50 (3):385-390.
- Klobe E. 2007. Saugglocke zur nicht-chirurgischen korrektur von form und/oder funktionsleistung des brustkastens Google Patents.
- Klobe E. 2010a. Saugglocke nach Eckart Klobe zur nicht-invasiven Anhebung der Trichterbrust
- Klobe E. 2010b. Typische Ergebnisse und Zeitverläufe - Saugglocke nach Eckart Klobe zur nicht-invasiven Behandlung der Trichterbrust.
- Kotzot D, Schwabegger AH. 2009. Etiology of chest wall deformities--a genetic review for the treating physician. *J Pediatr Surg*, 44 (10):2004-2011.
- Koumbourlis AC. 2009. Pectus excavatum: Pathophysiology and clinical characteristics. *Paediatric Respiratory Reviews*, 10 (1):3-6.
- Koumbourlis AC, Stolar CJ. 2004. Lung growth and function in children and adolescents with idiopathic pectus excavatum. *Pediatr Pulmonol*, 38 (4):339-343.
- Krasopoulos G, Dusmet M, Ladas G, Goldstraw P. 2006. Nuss procedure improves the quality of life in young male adults with pectus excavatum deformity. *Eur J Cardiothorac Surg*, 29 (1):1-5.
- Kubiak R, Habelt S, Hammer J, Hacker FM, Mayr J, Bielek J. 2007. Pulmonary function following completion of Minimally Invasive Repair for Pectus Excavatum (MIRPE). *Eur J Pediatr Surg*, 17 (4):255-260.
- Kuru P, Bostanci K, Ermerak NO, Bahadir AT, Afacan C, Yuksel M. 2014. Quality of life improves after minimally invasive repair of pectus excavatum. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*.
- Kuru P, Cakiroglu A, Er A, Ozbakir H, Cinel AE, Cangut B, Iris M, Canbaz B, Picak E, Yuksel M. 2016. Pectus Excavatum and Pectus Carinatum: Associated Conditions, Family History, and Postoperative Patient Satisfaction. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg*, 49 (1):29-34.
- Lam MW, Klassen AF, Montgomery CJ, LeBlanc JG, Skarsgard ED. 2008. Quality-of-life outcomes after surgical correction of pectus excavatum: a comparison of the Ravitch and Nuss procedures. *J Pediatr Surg*, 43 (5):819-825.
- Landgraf JM, Abetz, L., Ware, J.E. 1996. Child Health Questionnaire (CHQ): A user's manual. . Boston, MA.
- Lange F. 1910. Thoraxdeformitäten. In: Pfaundler M SA, Hrsg. Handbuch der Kinderheilkunde. Leipzig: FCW Vogel, 157.

- Langer H, Zuckerkandel, E. 1880. Untersuchungen über den missgebildeten Brustkorb des Herrn J.W. vorgenommen im anatomischen Institut Wien. Allg Wien Med Zeit
- Lawson ML, Mellins RB, Tabangin M, Kelly RE, Jr., Croitoru DP, Goretsky MJ, Nuss D. 2005. Impact of pectus excavatum on pulmonary function before and after repair with the Nuss procedure. *J Pediatr Surg*, 40 (1):174-180.
- Lawson ML, Cash TF, Akers R, Vasser E, Burke B, Tabangin M, Welch C, Croitoru DP, Goretsky MJ, Nuss D, Kelly RE, Jr. 2003. A pilot study of the impact of surgical repair on disease-specific quality of life among patients with pectus excavatum. *J Pediatr Surg*, 38 (6):916-918.
- Lawson ML, Mellins RB, Paulson JF, Shamberger RC, Oldham K, Azizkhan RG, Hebra AV, Nuss D, Goretsky MJ, Sharp RJ, Holcomb GW, 3rd, Shim WK, Megison SM, Moss RL, Fecteau AH, Colombani PM, Moskowitz AB, Hill J, Kelly RE, Jr. 2011. Increasing severity of pectus excavatum is associated with reduced pulmonary function. *J Pediatr*, 159 (2):256-261 e252.
- Lincoln Brown A, Cook O. 1951. Funnel Chest (Pectus Excavatum) in Infancy and Adult Life. *California Medicine*, 74 (3):174-178.
- Lesbo M, Tang M, Nielsen HH, Frokiaer J, Lundorf E, Pilegaard HK, Hjortdal VE. 2011. Compromised cardiac function in exercising teenagers with pectus excavatum. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 13 (4):377-380.
- Lester CW, M.D. 1958. The relation of pectus excavatum und carinatum. *The Journal of Pediatrics*, 52:82-86.
- Lopez M, Patoir A, Costes F, Varlet F, Barthelemy JC, Tiffet O. 2016. Preliminary study of efficacy of cup suction in the correction of typical pectus excavatum. *J Pediatr Surg*, 51 (1):183-187.
- Maagaard M, Tang M, Ringgaard S, Nielsen HH, Frokiaer J, Haubuf M, Pilegaard HK, Hjortdal VE. 2013. Normalized Cardiopulmonary Exercise Function in Patients With Pectus Excavatum Three Years After Operation. *Ann Thorac Surg*.
- Malek MH, Fonkalsrud EW, Cooper CB. 2003. Ventilatory and cardiovascular responses to exercise in patients with pectus excavatum. *Chest*, 124 (3):870-882.
- Malek MH, Berger DE, Marelich WD, Coburn JW, Beck TW, Housh TJ. 2006a. Pulmonary function following surgical repair of pectus excavatum: a meta-analysis. *Eur J Cardiothorac Surg*, 30 (4):637-643.
- Malek MH, Berger DE, Housh TJ, Marelich WD, Coburn JW, Beck TW. 2006b. Cardiovascular function following surgical repair of pectus excavatum: a metaanalysis. *Chest*, 130 (2):506-516.
- Masaoka A, Kondo S, Sasaki S, Hara F, Mizuno T, Yamakawa Y, Kobayashi T, Fujii Y. 2012. Thirty years' experience of open-repair surgery for pectus excavatum: development of a metal-free procedure. *Eur J Cardiothorac Surg*, 41 (2):329-334.
- McMahon LE, Johnson KN, Jaroszewski DE, Acosta JM, Egan JC, Bae J, Ngyuen H, Notrica DM. 2014. Experience with FiberWire for pectus bar attachment. *J Pediatr Surg*, 49 (8):1259-1263.
- Meyer W. 1911. Zur chirurgischen Behandlung der angeborenen Trichterbrust Berl klin Wschr:1563-1566.
- Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Crapo R, Enright P, van der Grinten CP, Gustafsson P, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Navajas D, Pedersen OF, Pellegrino R, Viegi G, Wanger J. 2005. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J*, 26 (2):319-338.
- Moir CR, Johnson CH. 2008. Poland's syndrome. *Semin Pediatr Surg*, 17 (3):161-166.
- Morfeld M, Stritter W, Bullinger M. 2012. 3 Der SF-36 Health Survey. In: Schöffski O, Graf von der Schulenburg JM, Hrsg. Gesundheitsökonomische Evaluationen. Springer Berlin Heidelberg, 393-410.

- Morshuis W, Folgering H, Barentsz J, van Lier H, Lacquet L. 1994. Pulmonary function before surgery for pectus excavatum and at long-term follow-up. *Chest*, 105 (6):1646-1652.
- Mortellaro VE, Iqbal CW, Fike FB, Sharp SW, Ostlie DJ, Snyder CL, St Peter SD. 2011. The predictive value of Haller index in patients undergoing pectus bar repair for pectus excavatum. *J Surg Res*, 170 (1):104-106.
- Nakaoka T, Uemura S, Yoshida T, Tanimoto T, Miyake H. 2010. Overgrowth of costal cartilage is not the etiology of pectus excavatum. *J Pediatr Surg*, 45 (10):2015-2018.
- Nuss D. 2008. Minimally invasive surgical repair of pectus excavatum. *Semin Pediatr Surg*, 17 (3):209-217.
- Nuss D, Kelly RE, Jr., Croitoru DP, Katz ME. 1998. A 10-year review of a minimally invasive technique for the correction of pectus excavatum. *J Pediatr Surg*, 33 (4):545-552.
- Nuss D, Kelly RE. 2010. Congenital Chest Wall Deformities In: George Whitfield Holcomb III M, MBA, J.Patrick Murphy, MD, Associate Editor and Daniel J.Ostlie, MD, Hrsg. *Ashcraft's Pediatric Surgery*. Fifth Edition Aufl: Elsevier Inc., 249-265.
- Ochsner A DM. 1939. Chone-Chondrosternon report of a case and review of the literature. *J Thorac Surg*:469-511.
- Ohara N, Mikajima T, Takagi J, Kato H. 1991. Mitral valve prolapse in childhood: the incidence and clinical presentations in different age groups. *Acta Paediatr Jpn*, 33 (4):467-475.
- Park HJ, Lee SY, Lee CS. 2004. Complications associated with the Nuss procedure: analysis of risk factors and suggested measures for prevention of complications. *J Pediatr Surg*, 39 (3):391-395; discussion 391-395.
- Park HJ, Jeong JY, Kim KT, Choi YH. 2011. Hinge reinforcement plate for adult pectus excavatum repair: a novel tool for the prevention of intercostal muscle strip. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 12 (5):687-691.
- Park HJ, Kim KS, Lee S, Jeon HW. 2015. A next-generation pectus excavatum repair technique: new devices make a difference. *Ann Thorac Surg*, 99 (2):455-461.
- Paxton SJ, Neumark-Sztainer D, Hannan PJ, Eisenberg ME. 2006. Body dissatisfaction prospectively predicts depressive mood and low self-esteem in adolescent girls and boys. *J Clin Child Adolesc Psychol*, 35 (4):539-549.
- Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, Coates A, van der Grinten CP, Gustafsson P, Hankinson J, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Miller MR, Navajas D, Pedersen OF, Wanger J. 2005. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*, 26 (5):948-968.
- Phillips JR. 1946. Funnel chest; report of case successfully treated by chondro-sternal resection. *Med Rec Ann*, 40:1302-1308.
- Pinterits F, Grabenwoger W, Dock VM, Helmer F. 1988. Wert des Trichterbrustindex nach Hiimmer zur Objektivierung des Schweregrades der Trichterbrust vor und nach chirurgischer Korrektur. *Acta chirurgica Austriaca*, 1.
- Poston PM, Patel SS, Rajput M, Rossi NO, Ghanamah MS, Davis JE, Turek JW. 2014. The correction index: setting the standard for recommending operative repair of pectus excavatum. *Ann Thorac Surg*, 97 (4):1176-1179; discussion 1179-1180.
- Protopapas AD, Athanasiou T. 2008. Peri-operative data on the Nuss procedure in children with pectus excavatum: independent survey of the first 20 years' data. *J Cardiothorac Surg*, 3:40.
- Rasishemi SZ, Ramouz A. 2016. Pectus excavatum repair using Prolene polypropylene mesh. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*, 24 (2):140-144.

- Ravens-Sieberer U. 2000. Verfahren zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität bei Kindern und Jugendlichen. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, 3 (43):198-209.
- Ravitch MM. 1949. The Operative Treatment of Pectus Excavatum. Ann Surg, 129 (4):429-444.
- Rebeis EB, Moreira LFP, José Ribas Milanez de Campos, Fernandez Â, Jatene FB. 2007. Anthropometric Index for Pectus Excavatum. CLINICS, 62 (5):599-606.
- Rebeis EB, de Campos JR, Moreira LF, Pastorino AC, Pego-Fernandes PM, Jatene FB. 2013. Variation of the Anthropometric Index for pectus excavatum relative to age, race, and sex. Clinics (Sao Paulo), 68 (9):1215-1219.
- Redlinger RE, Jr., Kelly RE, Nuss D, Goretsky M, Kuhn MA, Sullivan K, Wootton AE, Ebel A, Obermeyer RJ. 2011. Regional chest wall motion dysfunction in patients with pectus excavatum demonstrated via optoelectronic plethysmography. J Pediatr Surg, 46 (6):1172-1176.
- Rehbein F, Wernicke HH. 1957. The operative treatment of the funnel chest. Arch Dis Child, 32 (161):5-8.
- Roberts J, Hayashi A, Anderson JO, Martin JM, Maxwell LL. 2003. Quality of life of patients who have undergone the Nuss procedure for pectus excavatum: Preliminary findings. J Pediatr Surg, 38 (5):779-783.
- Robicsek F, Watts LT. 2011. Surgical correction of pectus excavatum. How did we get here? Where are we going? Thorac Cardiovasc Surg, 59 (1):5-14.
- Robicsek F, Sanger PW, Taylor FH, Stam RE. 1960. Xiphoid-interposition: a technical modification for the repair of pectus excavatum. Am Surg, 26:329-331.
- Rowland T, Moriarty K, Banever G. 2005. Effect of pectus excavatum deformity on cardiorespiratory fitness in adolescent boys. Arch Pediatr Adolesc Med, 159 (11):1069-1073.
- Samuel W. Kelley MDLD. 1914. Surgical Diseases of Children A Modern Treatise on Pediatric Surgery. New York: E.B. Treat & Company
- Sauerbruch F. 1931. Operative Beseitigung der angeborenen Trichterbrust. Deutsche Zeitschrift Chirurgie, (234):760-764.
- Schaarschmidt K, Lempe M, Schlesinger F, Jaeschke U, Park W, Polleichtner S. 2013. Lessons learned from lethal cardiac injury by nuss repair of pectus excavatum in a 16-year-old. Ann Thorac Surg, 95 (5):1793-1795.
- Schier F, Bahr M, Klobe E. 2005. The vacuum chest wall lifter: an innovative, nonsurgical addition to the management of pectus excavatum. J Pediatr Surg, 40 (3):496-500.
- Soccorso G, Parikh DH, Worrollo S. 2015. Customized silicone implant for the correction of acquired and congenital chest wall deformities: A valuable option with pectus excavatum. J Pediatr Surg, 50 (7):1232-1235.
- Shamberger RC. 2006. Repair of Pectus Excavatum. Pediatric Surgery. 1 Aufl: Springer, 97-106.
- Sigalet DL, Montgomery M, Harder J, Wong V, Kravarusic D, Alassiri A. 2007. Long term cardiopulmonary effects of closed repair of pectus excavatum. Pediatr Surg Int, 23 (5):493-497.
- Soares TR, Henriques-Coelho T, Vilaca J, Silva AR, Carvalho JL, Correia-Pinto J. 2012. [Quality of life evaluation of the patients and parents satisfaction after Nuss procedure in the management of Pectus Excavatum]. Rev Port Cir Cardiotorac Vasc, 19 (4):191-198.
- Spitzzy H. 1922. Die Trichterbrust. In: Lange F, Hrsg. Lehrbuch der Orthopädie. Jena: Verlag von Gustav Fischer, 339-340.

- St Peter SD, Juang D, Garey CL, Laituri CA, Ostlie DJ, Sharp RJ, Snyder CL. 2011. A novel measure for pectus excavatum: the correction index. *J Pediatr Surg*, 46 (12):2270-2273.
- Stefani A, Nesci J, Morandi U. 2013. STRATOS system for the repair of pectus excavatum. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 17 (6):1056-1058.
- Steinmann C, Krille S, Mueller A, Weber P, Reingruber B, Martin A. 2011. Pectus excavatum and pectus carinatum patients suffer from lower quality of life and impaired body image: a control group comparison of psychological characteristics prior to surgical correction. *Eur J Cardiothorac Surg*, 40 (5):1138-1145.
- Summers KM, West JA, Hattam A, Stark D, McGill JJ, West MJ. 2012. Recent developments in the diagnosis of Marfan syndrome and related disorders. *Med J Aust*, 197 (9):494-497.
- Sweet RH. 1944. Pectus Excavatum: Report of Two Cases Successfully Operated Upon. *Ann Surg*, 119 (6):922-934.
- Tang M, Nielsen HH, Lesbo M, Frokiaer J, Maagaard M, Pilegaard HK, Hjortdal VE. 2011. Improved cardiopulmonary exercise function after modified Nuss operation for pectus excavatum. *Eur J Cardiothorac Surg*, 0:1-5.
- Tarlov AR, Ware JE, Jr., Greenfield S, Nelson EC, Perrin E, Zubkoff M. 1989. The Medical Outcomes Study. An application of methods for monitoring the results of medical care. *JAMA*, 262 (7):925-930.
- Thomas Rowland M, Kevin Moriarty M, Gregory Banever M. 2009. Effect of Pectus Excavatum Deformity on Cardiorespiratory Fitness in Adolescent Boys. *ARCH PEDIATR ADOLESC MED*, 159:1069-1073.
- Urschel HC. 2009. Poland Syndrome. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*, 21 (1):89-94.
- von Luschka H. 1863. Die Anatomie der Brust des Menschen. Die Anatomie des Menschen in Rücksicht auf die Bedürfnisse der praktischen Heilkunde. Tübingen: H. Laupp.
- Wada J, Ikeda K, Ishida T, Hasegawa T. 1970. Results of 271 funnel chest operations. *Ann Thorac Surg*, 10 (6):526-532.
- Wang Y, Chen G, Xie L, Tang J, Ben X, Zhang D, Xiao P, Zhou H, Zhou Z, Ye X. 2012. Mechanical factors play an important role in pectus excavatum with thoracic scoliosis. *J Cardiothorac Surg*, 7:118.
- Waters P, Welch K, Micheli LJ, Shamberger R, Hall JE. 1989. Scoliosis in children with pectus excavatum and pectus carinatum. *J Pediatr Orthop*, 9 (5):551-556.
- Welch KJ. 1958. Satisfactory surgical correction of pectus excavatum deformity in childhood; a limited opportunity. *J Thorac Surg*, 36 (5):697-713.
- Willital GH, Lehmann RR. 2000. Thoraxfehlbildungen. Chirurgie im Kindesalter. Spitta Verl., Balingen: 33-71
- Zeng Q, Lai JY, Wang CJ, Cheng HY, Chu CC, Chang CJ, Chiu PH, Chen ZC, Chang PY. 2010. A cross-sectional study of lung volume development in pectus excavatum patients: estimating the total lung volume from chest computed tomograph using 3-dimensional volumetric reconstruction. *J Pediatr Surg*, 45 (12):2322-2327.
- Zhao L, Feinberg MS, Gaides M, Ben-Dov I. 2000. Why is exercise capacity reduced in subjects with pectus excavatum? *J Pediatr*, 136 (2):163-167.

Anhang 2

Fragebogen zur Saugglockentherapie nach Klobe

Sehr geehrter Teilnehmer/in,

die folgenden Fragen nehmen Bezug auf Ihre ganz persönlichen Erfahrungen mit der Saugglocke nach Klobe. Manche der Fragen sind anhand einer Skala von 1 bis 6 zu bewerten, welche wie folgt gewichtet ist:

1... trifft voll zu _ 2...trifft zu _ 3...trifft eher zu _ 4...trifft eher nicht zu _ 5...trifft nicht zu _ 6... trifft gar nicht zu.

Andere Fragen sind wiederum nur durch ein Kreuz an entsprechender Stelle () oder Freitext ____ zu beantworten. Alle gesammelten Daten werden anonym behandelt.

Alter:

Geschlecht:

Gewicht:

Körpergröße:

1. Haben Sie vor Beginn der Therapie jemals die Tiefe Ihrer Trichterbrust gemessen?
() Ja.
Wenn ja, wie tief war sie? _____ cm
() Nein.
2. Haben Sie vor Ihrer Therapie körperliche Einschränkungen durch die Trichterbrust erfahren?
 - a) Atemnot ()
Wenn ja:
In Ruhe? ()
Bei Belastung? ()
 - b) Schnellere Ermüdbarkeit ()
 - c) Verminderte körperliche Belastbarkeit ()
 - d) Schmerzen ()
Wenn ja:
Wo genau? _____

In welcher Situation? _____

Wie lange? _____

Wodurch ließen sie sich vermindern? _____
 - e) Keine ()
 - f) Sonstiges: _____
3. Wie oft haben Sie die Saugglocke verwendet (z.B. täglich, wöchentlich, unregelmäßig)?

Wie lange (z.B. in min/h)? _____

Über welchen Zeitraum (z.B. Wochen, Monate, Jahre)? _____
4. Haben Sie nach der Saugglockentherapie jemals die Tiefe Ihrer Trichterbrust gemessen?
() Ja.
Wenn ja, wie tief war sie? _____ cm
() Nein.
5. Wie haben Sie die Therapie empfunden?
 - a) Die Anwendung war problemlos und schmerzfrei. ()
 - b) Die Anwendung war unangenehm aber ertragbar. ()
 - c) Ich habe sehr unter der Saugglocke gelitten. ()

Hat Sie die Saugglocke stark im Alltag eingeschränkt? (siehe Skala Seite 1)

1 () - 2 () - 3 () - 4 () - 5 () - 6 ()

Sind Nebenwirkungen aufgetreten?

- a) Blutergüsse ()
- b) Sensibilitätsstörungen ()
- c) Druckgefühle ()
- d) Schmerzen ()
- e) Kreislaufprobleme ()
- f) Keine ()
- g) Sonstiges: _____

Falls eine oder mehrere der Nebenwirkungen auf Sie zutreffen:

Wann sind Sie aufgetreten? _____

Konnten Sie etwas dagegen unternehmen? _____

6. Nach welchem Zeitraum konnten Sie erstmals längerfristige Erfolge feststellen? (Trichter hat sich das erste Mal nicht vollständig zurückgebildet oder Ähnliches)

- a) Unter 6 Monaten ()
- b) Nach ca. 6 Monaten ()
- c) Unter 1 Jahr ()
- d) Nach ca. 1 Jahr ()
- e) Keine ()
- f) Sonstiges _____

7. Hat sich die Tiefe Ihrer Trichterbrust zum Positiven verändert? (siehe Skala Seite 1)

1 () - 2 () - 3 () - 4 () - 5 () - 6 ()

8. Haben sich vorherige Beeinträchtigungen verbessert? (siehe Skala Seite 1 und untere Antwortmöglichkeit)

1 () - 2 () - 3 () - 4 () - 5 () - 6 ()

Wenn ja, in welchem Bereich besonders? _____

() Irrelevant, da vorher keine Beeinträchtigungen bestanden.

9. Welche anderen Therapieoptionen haben Sie neben der Saugglocke genutzt?

- a) Sport (z.B. Schwimmen, Brustmuskeltraining, Turnball, ...) ()
- b) Physiotherapie ()
- c) Spezielle Diät ()
- d) Keine ()
- e) Sonstiges: _____

10. Warum haben Sie sich ursprünglich für die Saugglocke entschieden, anstatt andere Optionen (z.B. OP, Orthesen, Physiotherapie) zu nutzen (z.B. Narben, Angst vor Narkose, Angst vor Komplikationen, die OP war nicht möglich)?

11. Wie haben Sie es empfunden, sich selbst zu therapieren?

- a) Es war angenehm selbst über die Anwendungszeit und –dauer zu bestimmen. ()
- b) Es hat für mich keinen großen Unterschied gemacht. ()
- c) Es hat mich sehr verunsichert keine strikten Vorgaben zu haben. ()

12. Sind Sie mit Ihrem Ergebnis zufrieden? (siehe Skala Seite 1)

1 () - 2 () - 3 () - 4 () - 5 () - 6 ()

Vielen Dank für Ihre Zeit !!!

Fragebogen zur operativen Trichterbrustkorrektur nach Nuss

Sehr geehrter Patient, sehr geehrte Patientin,
der Ihnen vorliegende Fragebogen beschäftigt sich mit Ihren persönlichen Erfahrungen vor, während und nach der operativen Behandlung Ihrer Trichterbrust. Bitte beantworten Sie die Fragen indem Sie die Antwortmöglichkeit ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft oder gegebenenfalls im Freitext antworten. Manche der Fragen sind anhand einer Skala von 1-6 zu bewerten, welche wie folgt gewichtet ist:

1... trifft voll zu _ 2...trifft zu _ 3...trifft eher zu _ 4...trifft eher nicht zu _ 5...trifft nicht zu _ 6... trifft gar nicht zu.

Alle gesammelten Daten werden anonym behandelt und nur im Rahmen der im Anschreiben erwähnten Studie genutzt. Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Alter:

Geschlecht:

Gewicht:

Körpergröße:

1. Haben Sie vor Beginn der Operation jemals die Tiefe ihrer Trichterbrust gemessen?
() Ja.
Wenn ja, wie tief war sie? _____ cm
() Nein.
2. Haben Sie vor der Operation körperliche Einschränkungen durch die Trichterbrust erfahren?
 - a) Atemnot ()
Wenn ja:
In Ruhe? ()
Bei Belastung? ()
 - b) Schnellere Ermüdbarkeit ()
 - c) Verminderte körperliche Belastbarkeit ()
 - d) Schmerzen ()
Wenn ja:
Wo genau? _____
In welcher Situation? _____
Wie lange? _____
 - e) Keine ()
 - f) Sonstiges: _____
3. Warum haben Sie sich für die Operation entschieden, anstatt andere Optionen (z.B. Sauglocke, Orthesen, Physiotherapie) zu nutzen (z.B. „Alternativen waren nicht bekannt.“, „Alternativen waren wenig erfolgversprechend/bereits ausgeschöpft.“)?

4. Wie haben Sie die Zeit im Krankenhaus direkt nach der Operation und die ersten Tage mit dem stabilisierenden Metallbügel empfunden?
 - a) Ich hatte nur geringe Schmerzen und konnte mich schnell daran gewöhnen. ()
 - b) Ich habe den Bügel als unangenehm empfunden und hatte stärkere Schmerzen. ()
 - c) Ich konnte mich nur schwer daran gewöhnen und hatte sehr starke Schmerzen. ()
5. Wie haben Sie insgesamt die Tragezeit des Bügels bisher bzw. insgesamt empfunden?
 - a) Das Tragen des Bügels war problemlos und schmerzfrei. ()
 - b) Das Tragen des Bügels war unangenehm aber ertragbar. ()
 - c) Ich habe sehr unter dem Bügel gelitten. ()

Hat Sie der Bügel stark im Alltag eingeschränkt? (siehe Skala Seite 1)

1 () - 2 () - 3 () - 4 () - 5 () - 6 ()

Sind nach dem Aufenthalt im Krankenhaus Nebenwirkungen durch den Bügel aufgetreten?

- a) Atemnot ()
- b) Sensibilitätsstörungen ()
- c) Druckgefühle ()
- d) Schmerzen ()
- e) Kreislaufprobleme ()
- f) Wundheilungsstörungen ()
- g) Keine ()
- h) Sonstiges: _____

Falls eine oder mehrere der Nebenwirkungen auf Sie zutreffen, wann sind sie aufgetreten?

Konnten Sie etwas dagegen unternehmen?

6. Haben Sie nach der OP jemals die Tiefe Ihrer Trichterbrust gemessen?

() Ja. Wenn ja, wie tief war sie? _____ cm

() Nein.

7. Wenn der Metallbügel bereits entfernt wurde, hat sich nach der Entfernung, nach Ihrem Empfinden, die Form und Tiefe Ihres Brustkorbes noch einmal verändert?

() Ja.

() Nein.

Wenn ja, nach welchem Zeitraum?

- a) Sofort. ()
- b) Unter 6 Monaten. ()
- c) Nach ca. 6 Monaten. ()
- d) Unter 1 Jahr. ()
- e) Nach ca. 1 Jahr. ()
- f) Sonstiges _____

8. Hat sich die Tiefe Ihrer Trichterbrust insgesamt zum Positiven verändert? (siehe Skala Seite 1)

1 () - 2 () - 3 () - 4 () - 5 () - 6 ()

9. Haben sich vorherige Beeinträchtigungen verbessert? (siehe Skala Seite 1 bzw. die untere Antwortmöglichkeit)

1 () - 2 () - 3 () - 4 () - 5 () - 6 ()

Wenn ja, in welchem Bereich besonders? _____

() Die Frage ist irrelevant, da keine Beeinträchtigungen bestanden.

10. Welche anderen Therapieoptionen haben Sie genutzt?

- a) Sport (z.B. Schwimmen, Brustmuskeltraining, Turnball,...) ()
- b) Physiotherapie ()
- c) Spezielle Diät ()
- d) Keine ()
- e) Sonstiges: _____

11. Würden Sie sich noch einmal operieren lassen?

() Ja. Wenn ja, warum? _____

() Nein. Wenn nein, warum? _____

12. Sind Sie mit dem Endergebnis Ihrer Behandlung zufrieden? (siehe Skala Seite 1)

1 () - 2 () - 3 () - 4 () - 5 () - 6 ()

Vielen Dank für Ihre Zeit!!!

Anhang 3

Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt meiner Doktormutter Frau Prof. Dr. med. Felicitas Eckoldt, Direktorin der Kinderchirurgie des Universitätsklinikums Jena, für die Überlassung dieses sehr interessanten Themas, die jahrelange unermüdliche Unterstützung und ihren fachlichen Rat. Ohne Ihre Begleitung der Arbeit und große Geduld, wäre die Umsetzung in dieser Form nicht möglich gewesen.

Weiterhin möchte ich mich bei Herrn Oberarzt Dr. med. Stefan Wolke bedanken, der mir ebenfalls immer wieder mit seinen breiten medizinischen Kenntnissen, in organisatorischen Dingen und als Vermittler zwischen Patienten und Eltern zur Seite stand. Durch seine Ratschläge und Anregungen hat die Arbeit viele interessante Aspekte hinzu gewonnen und wurde die Fertigstellung wesentlich voran gebracht.

Ebenso bedanke ich mich bei dem gesamten Ambulanz-, Pflege- und Ärzteteam der Kinderchirurgie. Meine Hochachtung gilt den Kinderkrankenschwestern, Ärzten und Arzthelferinnen, die mit viel Feingefühl, Geduld und Empathie ihre Patienten betreuen und diese Untersuchung erst möglich machten. Gleiches gilt für die pneumologische Ambulanz der Kinderklinik des Universitätsklinikums Jena, allen voran Schwester Christiane Fischer und Herrn OA PD Dr. med. J. Mainz, die im Wesentlichen für die Durchführung und Auswertung der Lungenfunktionsprüfungen verantwortlich waren.

Mein Dank gilt auch meiner Mutter und meinem Mann, die beide erheblich zum Abschluss der Dissertationsschrift beigetragen haben und mich stets in allen Lebenslagen unterstützten.

Anhang 4

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der FriedrichSchiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben:

Frau Prof. Dr. med. Felicitas Eckoldt (Direktorin der Klinik für Kinderchirurgie, Universitätsklinikum Jena)

Herr Dr. med. Stefan Wolke (Oberarzt der Klinik für Kinderchirurgie, Universitätsklinikum Jena)

Frau Dr. phil. Bianca Bormann (Auswahl Fragebogen, Institut für Psychosoziale Medizin und Psychotherapie, Universitätsklinikum Jena)

Herr PD Dr. med. Jochen Mainz (Lungenfunktionsprüfungen, Oberarzt Klinik für Kinder- und Jugendmedizin, Universitätsklinikum Jena, Sektion Pädiatrische Pneumologie/Allergologie)

Herr Dr. rer. nat. Mario Walther (Statistik, Institut für Medizinische Statistik, Informatik und Dokumentation, Universitätsklinikum Jena)

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Brandenburg a.d.H., 8. Januar 2017

Franziska Deichsel